

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-207351

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月7日

(51) Int.Cl. <sup>4</sup>	識別記号	F I	
G 0 9 B	29/00	G 0 9 B	29/00 A
G 0 1 C	21/00	G 0 1 C	21/00 H
G 0 6 T	1/00	G 0 8 G	1/0969
	15/00	G 0 6 F	15/62 3 3 5
G 0 8 G	1/0969		3 6 0
		審査請求	未請求 請求項の数36 O L (全 36 頁)
(21) 出願番号	特願平9-7752	(71) 出願人	000003997
			日産自動車株式会社
(22) 出願日	平成9年(1997) 1月20日		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
		(72) 発明者	渡部 廣幸
			神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
			自動車株式会社内
		(72) 発明者	高田 雅行
			神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
			自動車株式会社内
		(72) 発明者	高橋 利彰
			神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
			自動車株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 三好 秀和 (外8名)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ナビゲーションシステム及びそれに用いるナビゲーションプログラムを記憶した媒体

(57) 【要約】

【課題】 道路地区を立体鳥瞰図表示して、リアリティを向上させる。

【解決手段】 地形データから表示対象領域の適宜密度のサンプリング点それぞれの3次元データを読み出して透視投影変換処理によって立体鳥瞰図にして表示装置に表示し、また道路、地名等の地図要素も立体地形図上に表示するようにして、道路地図を立体鳥瞰図表示して、リアリティを向上させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 地形平面座標に対して標高値を与えることのできる地形形状データを記憶する地形データ記憶手段と、

道路、地名等の地図上に表示する地図表示要素の位置情報及び付帯情報を記憶する地図データ記憶手段と、  
表示される地図の位置、方向を決定するための表示基準点位置座標及び視線方向角を入力する表示基準点等入力手段と、

前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標及び視線方向角にしたがって画面上に表示される地図上の対象領域（表示対象領域）を決定する表示対象領域決定手段と、

前記表示対象領域決定手段によって決定された表示対象領域に相当する地形形状データを前記地形データ記憶手段から読み、この地形形状データを用いて地形の形状モデル化を行う地形形状モデリング手段と、

前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標と前記地形形状モデリング手段によって得られた地形形状モデルとから前記表示基準点の標高値を決定する表示基準点標高決定手段と、

前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標及び視線方向角と、前記表示基準点標高決定手段によって決定された表示基準点標高値とから透視投影変換の視点座標を決定する視点座標決定手段と、

前記地図データ記憶手段から前記表示対象領域に相当する地図表示要素を読み、必要に応じて前記地形形状モデリング手段によって得られた地形形状モデルに基づいて各地図表示要素の標高値を決定し、表示用図形データを作成する地図要素標高決定手段と、

前記視点座標決定手段によって決定された視点座標と前記表示基準点等入力手段から入力された視線方向角とに基づいて前記地形形状モデルと前記標高値の決定された地図表示要素とを透視投影変換する座標変換手段と、  
前記座標変換手段によって透視投影変換されたデータから立体地図画像を生成する描画処理手段と、  
前記立体地図画像を表示する画像表示手段とを備えて成るナビゲーションシステム。

【請求項2】 前記描画処理手段は、前記座標変換手段によって透視投影変換されたデータを陰消去を実行しながら立体地図画像を生成することを特徴とする請求項1に記載のナビゲーションシステム。

【請求項3】 前記描画処理手段は、誘導経路を通常の道路と異なった描画色若しくは線種によって描画することを特徴とする請求項1または2に記載のナビゲーションシステム。

【請求項4】 前記地形形状モデリング手段は、前記表示対象領域決定手段が決定した表示対象領域内に所定密度のサンプリング点群を設定し、各サンプリング点の平面座標（ $x, y$ ）に対して相当する標高値 $z$ を前記地形

データ記憶手段より読み込んで3次元サンプリング点（ $x, y, z$ ）群を生成し、この3次元サンプリング点群を所定のルールにしたがって線種で接続することによって開いた多面体形状の地形形状モデルを作成することを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のナビゲーションシステム。

【請求項5】 前記地形形状モデリング手段は、前記表示対象領域のうちの視点座標から近い部分領域においては分布密度の高いサンプリング点群を設定し、前記視点座標から遠い部分領域においては分布密度の低いサンプリング点群を設定することを特徴とする請求項4に記載のナビゲーションシステム。

【請求項6】 前記視点座標決定手段は、前記表示基準点標高決定手段が決定した表示基準点標高値にしたがって前記視点座標の標高座標値を変化させることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載のナビゲーションシステム。

【請求項7】 前記視点座標決定手段は、前記表示基準点標高決定手段が決定した表示基準点標高値に対して一定のオフセットを加えて前記視点座標の標高値を決定することを特徴とする請求項6に記載のナビゲーションシステム。

【請求項8】 前記地図要素標高決定手段は、前記地図データ記憶手段に記憶されている地図データが道路と地名を含む地図表示要素の標高を除く位置情報を2次元座標の形で記憶するものである場合、前記地図表示要素の有する2次元位置座標に対して、地形形状モデリング手段により形状モデル化された地形形状モデルを参照して対応する2次元位置座標の標高値を算出し、この標高値を含めた3次元座標で表現される地図表示要素の表示用図形データを作成することを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載のナビゲーションシステム。

【請求項9】 前記地図データ記憶手段に記憶されている地図データが、少なくとも道路線素を構成する点群の2次元座標で記述された位置情報と、相当する道路線素が高架またはトンネルであるか否かを示す道路種別情報とを有し、

前記地図要素標高決定手段は、前記道路線素構成点の2次元位置情報と前記地形形状モデルとに基づいて当該構成点の標高値を決定する際に、当該構成点が高架またはトンネルである一連の道路線素群の内部構成点である場合には、当該地形形状モデルに基づかず、高架またはトンネルである一連の道路線素群の両端点を示す2つの構成点のすでに算出された標高値から当該内部構成点の標高値を算出することを特徴とする請求項8に記載のナビゲーションシステム。

【請求項10】 前記地図データ記憶手段に記憶されている地図データが、少なくとも道路線素を構成する点群の2次元座標で記述された位置情報と、相当する道路線素が高架またはトンネルであるか否かを示す道路種別情

報とを有し、

前記地図要素標高決定手段は、前記道路線素構成点の位置情報と前記地形形状データの標高値とに基づいて当該構成点の標高値を算出する際に、当該構成点に相当する道路線素が高架またはトンネルでなく、かつ当該構成点の密度が前記地形形状モデリング手段が設定したサンプリング点群の密度よりも小さい場合に、前記道路線素に対してこれを内分する点を新たな構成点として付加し、この付加した構成点に対して、前記地形形状モデリング手段による地形形状モデルを参照して標高値を算出することを特徴とする請求項8または9に記載のナビゲーションシステム。

【請求項11】 前記地図要素標高決定手段は、道路、鉄道、水系及び施設の表示用図形データを作成する際に、外部から与えられ、若しくは自ら決定する本来の標高値に対して、あらかじめ定められたオフセット値を加えたものを当該道路、鉄道、水系及び施設の高さ方向の座標値として決定し、表示用図形データを作成することを特徴とする請求項1〜10のいずれかに記載のナビゲーションシステム。

【請求項12】 前記地図要素標高決定手段は、前記道路、鉄道、水系及び施設の本来の標高値に対して加えるオフセット値として、前記道路及び鉄道に用いるオフセット値は前記水系及び施設に用いるオフセット値よりも大きい値とすることを特徴とする請求項11に記載のナビゲーションシステム。

【請求項13】 前記地図要素標高決定手段は、前記オフセット値として、前記誘導経路に用いるオフセット値を前記道路及び鉄道に用いるオフセット値よりも大きい値とすることを特徴とする請求項1〜12のいずれかに記載のナビゲーションシステム。

【請求項14】 前記地図要素標高決定手段は、車両現在位置を示す図形データの標高値を決定する際に、前記地形形状モデリング手段による地形形状モデルに基づいて決定した標高値に対して、あらかじめ定められたオフセット値を加えたものを当該車両現在位置の高さ方向の座標値として決定し、前記図形データを作成することを特徴とする請求項1〜13のいずれかに記載のナビゲーションシステム。

【請求項15】 前記地図要素標高決定手段は、前記車両現在位置を示す図形データの標高値に対して加えるオフセット値として、前記道路及び鉄道に対して用いるオフセット値よりも大きい値を用いることを特徴とする請求項14に記載のナビゲーションシステム。

【請求項16】 前記地図要素標高決定手段は、地名の表示位置を示す点の表示用図形データを作成する際に、外部から与えられ、若しくは自ら決定する本来の標高値に対して、前記道路に対して定められたオフセット値よりも大きいオフセット値を加えたものを当該地名の表示位置を示す点の高さ方向の座標値として決定し、表示用

図形データを作成することを特徴とする請求項1〜15のいずれかに記載のナビゲーションシステム。

【請求項17】 前記地図要素標高決定手段は、地名の表示位置を示す点の表示用図形データを作成する際に、外部から与えられ、若しくは自ら決定する本来の標高値に対して、当該表示位置に表示される文字列のいずれの文字も当該文字の表示位置における地形形状に隠れることがない値だけのオフセット値を加えたものを当該地名の表示位置を示す点の高さ方向の座標値として決定し、表示用図形データを作成することを特徴とする請求項1〜16のいずれかに記載のナビゲーションシステム。

【請求項18】 前記描画処理手段は、前記座標変換手段による透視投影変換の結果、地形形状と地図表示要素を含む各描画要素のうち複数の描画要素が前記視点から発する同一直線上に重なり部分を持つ場合、当該視点からより遠くに存在する描画要素を表示する際に前記重なり部分を除いた部分のみを前記画像表示手段に表示させることを特徴とする請求項1〜17のいずれかに記載のナビゲーションシステム。

【請求項19】 前記描画処理手段は、前記座標変換手段による透視投影変換の結果、地形形状と地図表示要素を含む各描画要素のうち複数の描画要素が前記視点から発する同一直線上に重なり部分を持つ場合、当該視点からより遠くに存在する描画要素を表示する際に前記重なり部分を前記画像表示手段に他の部分と異なる色で表示させることを特徴とする請求項1〜17のいずれかに記載のナビゲーションシステム。

【請求項20】 前記異なる色として、前記描画要素の重なり部分以外の部分を表示する色と当該描画要素と重なり部分を持つ他の描画要素を表示する色とを定められた比率に基づいて混合した色を用いることを特徴とする請求項19に記載のナビゲーションシステム。

【請求項21】 前記描画処理手段は、前記座標変換手段による透視投影変換の結果、地形形状と地図表示要素を含む各描画要素のうち複数の描画要素が前記視点から発する同一直線上に重なり部分を持つ場合、当該視点からより遠くに存在する描画要素が線図形であるときに当該重なり部分を前記画像表示手段に破線で表示させることを特徴とする請求項1〜17のいずれかに記載のナビゲーションシステム。

【請求項22】 前記描画処理手段は、地形形状を示す前記多面体形状を描画する際に、標高に応じて変化する描画色を用いて当該多面体形状の各面を描画することを特徴とする請求項1〜21のいずれかに記載のナビゲーションシステム。

【請求項23】 前記描画処理手段は、地形形状を示す前記多面体形状を描画する際に、前記各面を標高に応じた描画色によって描画すると共に、前記頂点間各々を接続する稜線群を描画することを特徴とする請求項22に

記載のナビゲーションシステム。

【請求項24】 前記頂点間々々を接続する稜線群のうち、経線、緯線方向と一致する向きを稜線群のみを描画することを特徴とする請求項23に記載のナビゲーションシステム。

【請求項25】 地形平面座標に対して標高値を与えることのできる地形形状データを記憶する地形データ記憶手段と、

道路、地名等の地図上に表示する地図表示要素の位置情報及び付帯情報を記憶する地図データ記憶手段と、表示される地図の位置、方向を決定するための表示基準点位置座標及び視線方向角を入力する表示基準点等入力手段と、

前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標及び視線方向角にしたがって画面上に表示される地図上の対象領域（表示対象領域）を決定する表示対象領域決定手段と、

前記表示対象領域決定手段が決定した表示対象領域内に所定密度のサンプリング点群を設定し、各サンプリング点の平面座標（ $x$ 、 $y$ ）に対して相当する標高値 $z$ を前記地形データ記憶手段より読込んで3次元サンプリング点（ $x$ 、 $y$ 、 $z$ ）群を生成し、この3次元サンプリング点群を所定のルールにしたがって稜線が接続することによって開いた多面体形状の地形形状モデルを作成する地形形状モデリング手段と、

前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標と前記地形形状モデリング手段によって得られた地形形状モデルとから前記表示基準点の標高値を決定する表示基準点標高決定手段と、

前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標及び視線方向角と、前記表示基準点標高決定手段によって決定された表示基準点標高値とから透視投影変換の視点座標を決定する視点座標決定手段と、

前記地図データ記憶手段から前記表示対象領域に相当する地図表示要素を読み込み、必要に応じて前記地形形状モデリング手段によって得られた地形形状モデルに基づいて各地図表示要素の標高値を決定し、表示用図形データを作成する地図要素標高決定手段と、

前記視点座標決定手段によって決定された視点座標と前記表示基準点等入力手段から入力された視線方向角とに基づいて前記地形形状モデルと前記標高値の決定された地図表示要素とを透視投影変換する座標変換手段と、

前記座標変換手段によって透視投影変換された地形形状を示す多面体を、前記視点に対して奥の方の面から上書きにより描画し、立体地図画像を出力する地形形状描画処理手段と、

前記地図要素標高決定手段によって決定された地図表示要素それぞれの表示位置の標高値と相応する地形形状の標高値とを比較する地図要素標高比較手段と、

前記地図要素標高比較手段の比較結果に基づき、前記地

図表示要素の方が相応する地形形状と標高値が等しいものまたはより大きいものについて前記地形形状に上書きにより描画する地図要素描画処理手段と、

前記地形形状描画処理手段からの立体地図画像と前記地図要素描画処理手段からの地図要素画像とを合成して表示する画像表示手段とを備えて成るナビゲーションシステム。

【請求項26】 前記地図要素標高比較手段は、前記地図表示要素それぞれの表示位置の標高値と相応する地形形状の標高値とを地形描画色に基づいて比較することを特徴とする請求項25に記載のナビゲーションシステム。

【請求項27】 前記地図要素描画処理手段は、前記地図表示要素が誘導線路である場合に前記地図表示要素が通常の道路である場合と異なった描画色若しくは異なった線種にして描画することを特徴とする請求項25または26に記載のナビゲーションシステム。

【請求項28】 前記地図要素標高比較手段は、前記地図表示要素が線図形である場合、その線素の高端点の標高値、また前記地図表示要素が面図形である場合、その面素の全頂点の標高値が相応する地形形状の標高値と等しいときまたはより大きいときに前記地図要素描画処理手段に当該線素または面素の上書き指令を出力することを特徴とする請求項25～27のいずれかに記載のナビゲーションシステム。

【請求項29】 前記地図要素標高比較手段は、前記地図表示要素が道路、河川、鉄道のような線図形である場合、その線素の両端点のいずれかの標高値が相応する地形形状の標高値よりも小さいときに前記地図要素描画処理手段に当該線素部分を他の部分と異なる描画色または点線で上書きするように指令することを特徴とする請求項25～27のいずれかに記載のナビゲーションシステム。

【請求項30】 地形平面座標に対して標高値を与えることのできる地形形状データを記憶する地形データ記憶手段と、

道路、河川、鉄道のような線図形を地図上に表示する位置情報及び付帯情報を記憶する線図形データ記憶手段と、

地名、アイコン等のような文字列及び図柄を地図上に表示する位置情報及び付帯情報を記憶する地名、背景データ記憶手段と、

表示される地図の位置、方向を決定するための表示基準点位置座標及び視線方向角を入力する表示基準点等入力手段と、

前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標及び視線方向角にしたがって画面上に表示される地図上の対象領域（表示対象領域）を決定する表示対象領域決定手段と、

前記表示対象領域決定手段が決定した表示対象領域内に

所定密度のサンプリング点群を設定し、各サンプリング点の平面座標 $(x, y)$ に対して相当する標高値 $z$ を前記地形データ記憶手段より読込んで3次元サンプリング点 $(x, y, z)$ 群を生成し、この3次元サンプリング点群を所定のルールにしたがって後継で接続することによって開いた多面体形状の地形形状モデルを作成する地形形状モデリング手段と、

前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標と前記地形形状モデリング手段によって得られた地形形状モデルとから前記表示基準点の標高値を決定する表示基準点標高決定手段と、

前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標及び視線方向角と、前記表示基準点標高決定手段によって決定された表示基準点標高値とから透視投影変換の視点座標を決定する視点座標決定手段と、

前記線図形データ記憶手段から前記表示対象領域に相当する線図形データを読み込み、前記地名、背景データ記憶手段から前記地名、背景データを読み込み、必要に応じて前記地形形状モデリング手段によって得られた地形形状モデルに基づいて各線図形及び地名、アイコン等の表示点の標高値を決定し、表示用図形データを作成する地図要素標高決定手段と、

前記視点座標決定手段によって決定された視点座標と前記表示基準点等入力手段から入力された視線方向角とに基づいて前記地形形状モデルと前記標高値の決定された線図形及び地名、アイコン等の表示用図形データとを透視投影変換する座標変換手段と、

前記座標変換手段によって透視投影変換されたデータを画面消去を実行しながら描画し、立体地図画像を出力する描画処理手段と、

前記地図要素標高決定手段によって決定された線図形データの各線素の端点の標高値と対応する地形形状の標高値とを比較する線図形データ標高比較手段と、

前記線図形データ標高比較手段の比較結果に基づき、前記線図形の前記線素の端点の標高値の方が相応する地形形状と標高値が等しいものまたはより大きいものについて前記地形形状に上書きにより描画する線図形データ描画処理手段と、

前記描画処理手段からの立体地図画像と前記線図形データ描画処理手段からの線図形画像とを合成して表示する画像表示手段とを備えて成るナビゲーションシステム。

【請求項31】 線図形データ描画処理手段は、前記線図形が誘導経路である場合に、前記線図形が通常の道路である場合と異なった描画色、若しくは異なった線種で描画することを特徴とする請求項30に記載のナビゲーションシステム。

【請求項32】 前記線図形データ標高比較手段は、前記線図形の各線素の両端点の標高値が相応する地形形状の標高値と等しいときまたはより大きいときに前記線図形データ描画処理手段に当該線素の上書き指令を出す

ことを特徴とする請求項30または31に記載のナビゲーションシステム。

【請求項33】 前記線図形データ標高比較手段は、前記線図形の各線素の両端点のいずれかの標高値が相応する地形形状の標高値よりも小さいときに前記線図形データ描画処理手段に当該線素部分を他の部分と異なる描画色または点線で上書きするように指令することを特徴とする請求項30または31に記載のナビゲーションシステム。

10 【請求項34】 表示基準点の位置座標と視線方向角データに基づいて表示対象領域を決定し、この表示対象領域に相当する地形形状データを取り込んで地形形状のモデル化を行い、

前記表示基準点の位置座標と前記地形形状モデルとから当該表示基準点の標高値を決定し、

前記表示基準点の位置座標及び視線方向角と、前記表示基準点標高値とから透視投影変換の視点座標を決定し、

前記表示対象領域に相当する地図表示要素データを取り込み、必要に応じて前記地形形状モデルに基づいて各地図表示要素の標高値を決定して表示用図形データを作成し、

前記地形形状モデルと前記標高値の決定された地図表示要素とを前記視点座標と前記視線方向角とに基づいて透視投影変換し、前記透視投影変換されたデータから立体地図画像信号を生成するナビゲーションプログラムを記憶した媒体。

【請求項35】 表示基準点の位置座標及び視線方向角データに基づいて表示対象領域を決定し、

この表示対象領域内に所定密度のサンプリング点群を設定し、各サンプリング点の平面座標 $(x, y)$ に対して相当する標高値 $z$ を取り込んで3次元サンプリング点 $(x, y, z)$ 群を生成し、この3次元サンプリング点群を所定のルールにしたがって後継で接続することによって開いた多面体形状の地形形状モデルを作成し、

前記表示基準点の位置座標と前記地形形状モデルとから当該表示基準点の標高値を決定し、

前記表示基準点の位置座標及び視線方向角と、前記表示基準点の標高値とから透視投影変換の視点座標を決定し、

前記表示対象領域に相当する地図表示要素データを取り込み、必要に応じて前記地形形状モデルに基づいて各地図表示要素の標高値を決定して表示用図形データを作成し、

前記地形形状モデルと前記標高値の決定された地図表示要素とを前記視点座標と前記視線方向角とに基づいて透視投影変換し、この透視投影変換された地形形状を示す多面体を、視点に対して奥の方の面から上書きにより描画する画像信号を生成し、

前記地図表示要素それぞれの表示位置の標高値と相応す

る前記地形形状モデルの標高値とを比較し、この比較結果に基づき、前記地図表示要素の方が相応する地形形状よりも標高値が大きいのについて前記地形形状モデルに上書きにより描画する画像信号を生成するナビゲーションプログラムを記憶した媒体。

【請求項36】 表示基準点の位置座標及び視線方向角データに基づいて表示対象領域を決定し、

この表示対象領域内に所定密度のサンプリング点群を設定し、各サンプリング点の平面座標  $(x, y)$  に対して相当する標高値  $z$  を取り込んで3次元サンプリング点  $(x, y, z)$  群を生成し、この3次元サンプリング点群を所定のルールにしたがって稜線で接続することによって開いた多面体形状の地形形状モデルを作成し、

前記表示基準点の位置座標と前記地形形状モデルとから当該表示基準点の標高値を決定し、前記表示基準点の位置座標及び視線方向角と、前記表示基準点の標高値とから透視投影変換の視点座標を決定し、

前記表示対象領域に相当する線図形データを取り込み、また地名、背景データを取り込み、必要に応じて前記地形形状モデルに基づいて各線図形及び地名、アイコン等の表示点の標高値を決定して表示用図形データを作成し、

前記視点座標と前記視線方向角とに基づいて、前記地形形状モデルと標高値の決定された線図形及び地名、アイコン等の表示用図形データとを透視投影変換し、

この透視投影変換されたデータを隠面消去を実行しながら描画し、立体地図画像信号を生成し、これと共に前記線図形の各線素の端点の標高値と相応する地形形状モデルの標高値とを比較し、この比較結果に基づいて、線図形の線素の端点の標高値の方が相応する地形形状モデルの標高値よりも大きいものについて前記地形形状モデルに上書きする画像信号を生成するナビゲーションプログラムを記憶した媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は車載用または携帯用のナビゲーションシステム及びそれに用いるナビゲーションプログラムを記憶した媒体に關し、特に地形情報と地図情報とを立体鳥瞰図表示するナビゲーションシステム及びそれに用いるナビゲーションプログラムを記憶した媒体に關する。

【0002】

【従来の技術】従来、車載用または携帯用のナビゲーションシステムとして、本願出願人の出願にかかる発明を記載した特開平7-220055号公報に記載されたものが知られている。この従来のナビゲーションシステムは、GPS (Global Positioning System) や自立航法システムによって利用者の現在位置を検出してその検出現在位置を指定し、あるいはキ

ーボードやリモコン操作器を用いて特定の位置を指定して表示基準点に決め、この表示基準点と進行方向に基づいて視点座標、視線方向を算定し、外部記憶装置に登録されている地図データに透視投影変換を施して図28に示するような鳥瞰図にしてディスプレイに表示するものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このような従来のナビゲーションシステムでは、利用者の現在位置等のある定められた表示基準点に近い領域は詳細な（縮尺が大きい）地図情報を表示し、表示基準点から遠くなるにしたがって表示領域が広がる（縮尺が小さい）地図情報を表示し、遠方までの道路状況を直感的に把握することができる利点がある。

【0004】しかしながら、このような従来の経路誘導では、利用する地図データが原則として2次元座標系で記述されたものであり、地図の背景量となる地面については単に平坦面と見なして表示していたために、実際の地面は起伏に富んだ地形の場所を表示する場合にも平坦面として表示されてしまい、特に使用者の現在位置を表示基準点として表示するときに周囲の現実の景観と符合せず、現在位置を地図上で確認したり周囲環境との関連を把握したりする上で違和感があるという問題点があった。

【0005】地形を3次元モデル化して表示するアプリケーションソフトウェアとして、各種シミュレーションソフトやゲームソフトが存在するが、経路誘導に必要な道路情報や地名等の情報を表示することはない、表示される地形領域が限定された範囲である、あるいは現実の地形とは無関係な架空世界を表示しているにすぎない等の理由によりナビゲーションシステムに利用することができないものではない。

【0006】本発明はこのような従来の問題点に鑑みてなされたもので、現実の地形に基づいた標高値データを用いて立体的に地形を表示し、さらに道路や地名等の地図表示要素をその地形上に配して立体地図を作成して表示することにより、現実の地勢によく近似した立体道路地図表示ができるナビゲーションシステム及びそれに用いるナビゲーションプログラムを記憶した媒体を提供することを目的とする。

【0007】本発明の他の目的は、表示基準点の標高値に対して所定の高さを加えた高さ位置に視点を設定することにより、表示基準点の標高値が高低変化してもその標高値に対して所定の相対高度を有する視点から見た地形状態を表示することができるナビゲーションシステム及びそれに用いるナビゲーションプログラムを記憶した媒体を提供することにある。

【0008】本発明のさらに他の目的は、近くの高い山等に隠れて見えないそれよりも遠方の道路の様子を他と区別できる態様で表示することによって使用者にその様

子を理解しやすくしたナビゲーションシステム及びそれに用いるナビゲーションプログラムを記憶した媒体を提供することにある。

【0009】本発明のさらに他の目的は、近くの高い山等に隠れて見えないそれよりも遠方の地点を表示する文字列について、近くの高い山等によって隠されているように見せることにより、立体鳥瞰図表示の現実感をより高めることができるナビゲーションシステム及びそれに用いるナビゲーションプログラムを記憶した媒体を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明のナビゲーションシステムは、地形平面座標に対して標高値を与えることのできる地形形状データを記憶する地形データ記憶手段と、道路、地名等の地図上に表示する地図表示要素の位置情報及び付帯情報を記憶する地図データ記憶手段と、表示される地図の位置、方向を決定するための表示基準点位置座標及び視線方向角を入力する表示基準点等入力手段と、前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標及び視線方向角にしたがって画面上に表示される地図上の対象領域（表示対象領域）を決定する表示対象領域決定手段と、前記表示対象領域決定手段によって決定された表示対象領域に相当する地形形状データを前記地形データ記憶手段から読み込み、この地形形状データを用いて地形の形状モデル化を行う地形形状モデリング手段と、前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標と前記地形形状モデリング手段によって得られた地形形状モデルとから前記表示基準点の標高値を決定する表示基準点標高決定手段と、前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標及び視線方向角と、前記表示基準点標高決定手段によって決定された表示基準点標高値とから透視投影変換の視点座標を決定する視点座標決定手段と、前記地図データ記憶手段から前記表示対象領域に相当する地図表示要素を読み込み、必要に応じて前記地形形状モデリング手段によって得られた地形形状モデルに基づいて各地図表示要素の標高値を決定し、表示用図形データを作成する地図要素標高決定手段と、前記視点座標決定手段によって決定された視点座標と前記表示基準点等入力手段から入力された視線方向角とに基づいて前記地形形状モデルと前記標高値の決定された地図表示要素とを透視投影変換する座標変換手段と、前記座標変換手段によって透視投影変換されたデータから立体地図画像を生成する描画処理手段と、前記立体地図画像を表示する画像表示手段とを備えたものである。

【0011】請求項2の発明は、請求項1のナビゲーションシステムにおいて、前記描画処理手段が、前記座標変換手段によって透視投影変換されたデータを臨面消去を実行しながら描画し、立体地図画像を出力するものである。

【0012】請求項3の発明は、請求項1または2のナビゲーションシステムにおいて、前記描画処理手段が、誘導経路を通常の道路と異なった描画色若しくは線種によって描画するものである。

【0013】請求項4の発明は、請求項1～3のナビゲーションシステムにおいて、前記地形形状モデリング手段が、前記表示対象領域決定手段が決定した表示対象領域内に所定密度のサンプリング点群を設定し、各サンプリング点の平面座標（ $x$ ,  $y$ ）に対して相当する標高値  $z$  を前記地形データ記憶手段より読み込んで3次元サンプリング点（ $x$ ,  $y$ ,  $z$ ）群を生成し、この3次元サンプリング点群を所定のルールにしたがって後続で接続することによって開いた多面体形状の地形形状モデルを作成するものである。

【0014】請求項5の発明は、請求項4のナビゲーションシステムにおいて、前記地形形状モデリング手段が、前記表示対象領域のうちの視点座標から近い部分領域においては分布密度の高いサンプリング点群を設定し、前記視点座標から遠い部分領域においては分布密度の低いサンプリング点群を設定するものである。

【0015】請求項6の発明は、請求項1～5のナビゲーションシステムにおいて、前記視点座標決定手段が、前記表示基準点標高決定手段が決定した表示基準点標高値にしたがって前記視点座標の標高座標値を変化させるものである。

【0016】請求項7の発明は、請求項6のナビゲーションシステムにおいて、前記視点座標決定手段が、前記表示基準点標高決定手段が決定した表示基準点標高値に対して一定のオフセットを加えて前記視点座標の標高値を決定するものである。

【0017】請求項8の発明は、請求項1～7のナビゲーションシステムにおいて、前記地図要素標高決定手段が、前記地図データ記憶手段に記憶されている地図データが道路と地名を含む地図表示要素の標高を除く位置情報を2次元座標の形で記憶するものである場合、前記地図表示要素の各2次元位置座標に対して、地形形状モデリング手段により形状モデル化された地形形状モデルを参照して対応する2次元位置座標の標高値を読み出し、この標高値を含めた3次元座標で表現される地図表示要素の表示用図形データを作成するものである。

【0018】請求項9の発明は、請求項8のナビゲーションシステムにおいて、前記地図データ記憶手段に記憶されている地図データが、少なくとも道路線素を構成する点群の2次元座標で記述された位置情報と、相当する道路線素が高架またはトンネルであるか否を示す道路種別情報とを有し、前記地図要素標高決定手段が、前記道路線素構成点の2次元位置情報と前記地形形状モデルとに基づいて当該構成点の標高値を決定する際に、当該構成点が高架またはトンネルである一連の道路線素群の内側構成点である場合には、当該地形形状モデルに基づ

かずに、高架またはトンネルである一連の道路線素群の向端点を示す2つの構成点のすでに算出された標高値から当該内部構成点の標高値を算出するものである。

【0019】請求項10の発明は、請求項8または9のナビゲーションシステムにおいて、前記地図データ記憶手段に記憶されている地図データが、少なくとも道路線素を構成する点群の2次元座標で記述された位置情報と、相当する道路線素が高架またはトンネルであるか否かを示す道路種別情報とを有し、前記地図要素標高決定手段が、前記道路線素構成点の位置情報と前記地形形状データの標高値とに基づいて当該構成点の標高値を算出する際に、当該構成点に相当する道路線素が高架またはトンネルでなく、かつ当該構成点の密度が前記地形形状モデリング手段が設定したサンプリング点群の密度よりも小さい場合に、前記道路線素に対してこれを内分する点を新たな構成点として付加し、この付加した構成点に対して、前記地形形状モデリング手段による地形形状モデルを参照して標高値を算出するものである。

【0020】請求項11の発明は、請求項1〜10のナビゲーションシステムにおいて、前記地図要素標高決定手段が、道路、鉄道、水系及び施設の表示用図形データを作成する際に、外部から与えられ、若しくは自ら決定する本来の標高値に対して、あらかじめ定められたオフセット値を加えたものを当該道路、鉄道、水系及び施設の高さ方向の座標値として決定し、表示用図形データを作成するものである。

【0021】請求項12の発明は、請求項11のナビゲーションシステムにおいて、前記地図要素標高決定手段が、前記道路、鉄道、水系及び施設の本来の標高値に対して加えるオフセット値として、前記道路及び鉄道に用いるオフセット値を前記水系及び施設に用いるオフセット値よりも大きい値とするものである。

【0022】請求項13の発明は、請求項1〜12のナビゲーションシステムにおいて、前記地図要素標高決定手段が、前記オフセット値として、前記誘導経路に用いるオフセット値を前記道路及び鉄道に用いるオフセット値よりも大きい値とするものである。

【0023】請求項14の発明は、請求項1〜13のナビゲーションシステムにおいて、前記地図要素標高決定手段が、車両現在位置を示す図形データの標高値を決定する際に、前記地形形状モデリング手段による地形形状モデルに基づいて決定した標高値に対して、あらかじめ定められたオフセット値を加えたものを当該車両現在位置の高さ方向の座標値として決定し、前記図形データを作成するものである。

【0024】請求項15の発明は、請求項14のナビゲーションシステムにおいて、前記地図要素標高決定手段が、前記車両現在位置を示す図形データの標高値に対して加えるオフセット値として、前記道路及び鉄道に対して用いるオフセット値よりも大きい値を用いるものであ

る。

【0025】請求項16の発明は、請求項1〜15のナビゲーションシステムにおいて、前記地図要素標高決定手段が、地名の表示位置を示す点の表示用図形データを作成する際に、外部から与えられ、若しくは自ら決定する本来の標高値に対して、前記道路に対して定められたオフセット値よりも大きいオフセット値を加えたものを当該地名の表示位置を示す点の高さ方向の座標値として決定し、表示用図形データを作成するものである。

10 【0026】請求項17の発明は、請求項1〜16のナビゲーションシステムにおいて、前記地図要素標高決定手段が、地名の表示位置を示す点の表示用図形データを作成する際に、外部から与えられ、若しくは自ら決定する本来の標高値に対して、当該表示位置に表示される文字列のいずれの文字も当該文字の表示位置における地形形状に隠されることがない値だけのオフセット値を加えたものを当該地名の表示位置を示す点の高さ方向の座標値として決定し、表示用図形データを作成するものである。

20 【0027】請求項18の発明は、請求項1〜17のナビゲーションシステムにおいて、前記描画処理手段が、前記座標変換手段による透視投影変換の結果、地形形状と地図表示要素を含む各描画要素のうち複数の描画要素が前記視点から発する同一直線上に重なり部分を持つ場合、当該視点からより遠くに存在する描画要素を表示する際に前記重なり部分を除いた部分のみを前記画像表示手段に表示させるものである。

30 【0028】請求項19の発明は、請求項1〜17のナビゲーションシステムにおいて、前記描画処理手段が、前記座標変換手段による透視投影変換の結果、地形形状と地図表示要素を含む各描画要素のうち複数の描画要素が前記視点から発する同一直線上に重なり部分を持つ場合、当該視点からより遠くに存在する描画要素を表示する際に前記重なり部分を前記画像表示手段に他の部分と異なる色で表示させるものである。

40 【0029】請求項20の発明は、請求項19のナビゲーションシステムにおいて、前記異なる色として、前記描画要素の重なり部分以外の部分を表示する色と当該描画要素と重なり部分を持つ他の描画要素を表示する色とを定められた比率に基づいて混合した色を用いるものである。

50 【0030】請求項21の発明は、請求項1〜17のナビゲーションシステムにおいて、前記描画処理手段が、前記座標変換手段による透視投影変換の結果、地形形状と地図表示要素を含む各描画要素のうち複数の描画要素が前記視点から発する同一直線上に重なり部分を持つ場合、前記視点からより遠くに存在する描画要素が線図形で表示するとき当該重なり部分を前記画像表示手段に破線で表示させるものである。

【0031】請求項22の発明は、請求項1〜21のナ



ナビゲーションシステムにおいて、前記描画処理手段が、地形形状を示す前記多面体形状を描画する際に、標高に応じて変化する描画面色を用いて当該多面体形状の各面を描画するものである。

【0032】請求項23の発明は、請求項22のナビゲーションシステムにおいて、前記描画処理手段が、地形形状を示す前記多面体形状を描画する際に、前記各面を標高に応じた描画面色によって描画すると共に、前記頂点間各々を接続する稜線群を描画するものである。

【0033】請求項24の発明は、請求項23のナビゲーションシステムにおいて、前記頂点間各々を接続する稜線群のうち、経線、緯線方向と一致する向きの稜線群のみを描画するものである。

【0034】請求項25の発明のナビゲーションシステムは、地形平面座標に対して標高値を与えることのできる地形形状データを記憶する地形データ記憶手段と、道路、地名等の地図上に表示する地図要素の位置情報及び付帯情報を記憶する地図データ記憶手段と、表示される地図の位置、方向を決定するための表示基準点位置座標及び視線方向角を入力する表示基準点等入力手段と、前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標及び視線方向角にしたがって画面上に表示される地図上の対象領域（表示対象領域）を決定する表示対象領域決定手段と、前記表示対象領域決定手段が決定した表示対象領域内に所定密度のサンプリング点群を設定し、各サンプリング点の平面座標（ $x$ 、 $y$ ）に対して相当する標高値を前記地形データ記憶手段より読込んで3次元サンプリング点（ $x$ 、 $y$ 、 $z$ ）群を生成し、この3次元サンプリング点群を所定のルールにしたがって稜線で接続することによって得られた多面体形状の地形形状モデルを作成する地形形状モデリング手段と、前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標と前記地形形状モデリング手段によって得られた地形形状モデルとから前記表示基準点の標高値を決定する表示基準点標高決定手段と、前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標及び視線方向角と、前記表示基準点標高決定手段によって決定された表示基準点標高値とから透視投影変換の視点座標を決定する視点座標決定手段と、前記地図データ記憶手段から前記表示対象領域に相当する地図表示要素を読み取り、必要に応じて前記地形形状モデリング手段によって得られた地形形状モデルに基づいて各地図表示要素の標高値を決定し、表示用図形データを作成する地図要素標高決定手段と、前記視点座標決定手段によって決定された視点座標と前記表示基準点等入力手段から入力された視線方向角とに基づいて前記地形形状モデルと前記標高値の決定された地図表示要素とを透視投影変換する座標変換手段と、前記座標変換手段によって透視投影変換された地形形状を示す多面体を、前記視点に対して奥の方の面上から書きこみにより描画し、立体地図画像を出力する地形形状描画処理

手段と、前記地図要素標高決定手段によって決定された地図表示要素それぞれの表示位置の標高値と相応する地形形状の標高値とを比較する地図要素標高比較手段と、前記地図要素標高比較手段の比較結果に基づき、前記地図表示要素の方が相応する地形形状と標高値が等しいものまたはより大きいものについて前記地形形状に上書きにより描画する地図要素描画処理手段と、前記地形形状描画処理手段からの立体地図画像と前記地図要素描画処理手段からの地図要素画像とを合成して表示する画像表示手段とを備えたものである。

【0035】請求項26の発明は、請求項25のナビゲーションシステムにおいて、前記地図要素標高比較手段は、前記地図表示要素それぞれの表示位置の標高値と相応する地形形状の標高値とを地形描画面色に基づいて比較するものである。

【0036】請求項27の発明は、請求項25または26のナビゲーションシステムにおいて、前記地図要素描画処理手段は、前記地図表示要素が誘導経路である場合に前記地図表示要素が通常の道路である場合と異なった描画面色若しくは異なった線種にして描画するものである。

【0037】請求項28の発明は、請求項25～27のナビゲーションシステムにおいて、前記地図要素標高比較手段が、前記地図表示要素が線図形である場合、その線素の両端点の標高値、また前記地図表示要素が面図形である場合、その面素の全頂点の標高値が相応する地形形状の標高値と等しいときまたはより大きいときに前記地図要素描画処理手段に当該線素及び面素の上書き指令を出力するものである。

【0038】請求項29の発明は、請求項25～27のナビゲーションシステムにおいて、前記地図要素標高比較手段が、前記地図表示要素が線図形である場合、その線素の両端点のいずれかの標高値、また前記地図表示要素が面図形である場合、その面素の全頂点の標高値が相応する地形形状の標高値よりも小さいときに前記地図要素描画処理手段に当該線素部分及び面素部分を他の部分と異なる描画面色または点線と上書きするように指令するものである。

【0039】請求項30の発明のナビゲーションシステムは、地形平面座標に対して標高値を与えることのできる地形形状データを記憶する地形データ記憶手段と、道路、河川、鉄道のような線図形を地図上に表示する位置情報及び付帯情報を記憶する地図データ記憶手段と、地名、アイコン等のような文字列及び図柄を地図上に表示する位置情報及び付帯情報を記憶する地名、背景データ記憶手段と、表示される地図の位置、方向を決定するための表示基準点位置座標及び視線方向角を入力する表示基準点等入力手段と、前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標及び視線方向角にしたがって画面上に表示される地図上の対象領域（表示対象領域）

域)を決定する表示対象領域決定手段と、前記表示対象領域決定手段が決定した表示対象領域内に所定密度のサンプリング点を設定し、各サンプリング点の平面座標  $(x, y)$  に対して相当する標高値  $z$  を前記地形データ記憶手段より読み込んで3次元サンプリング点  $(x, y, z)$  群を生成し、この3次元サンプリング点群を所定のルールにしたがって線線で接続することによって開いた多面体形状の地形形状モデルを作成する地形形状モデリング手段と、前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標と前記地形形状モデリング手段によって得られた地形形状モデルとから前記表示基準点の標高値を決定する表示基準点標高決定手段と、前記表示基準点等入力手段から入力された表示基準点位置座標及び視線方向角と、前記表示基準点標高決定手段によって決定された表示基準点標高値とから透視投影変換の視点座標を決定する視点座標決定手段と、前記線図形データ記憶手段から前記表示対象領域に相当する線図形データを読み、前記地名、背景データ記憶手段から前記地名、背景データを読み、必要に応じて前記地形形状モデリング手段によって得られた地形形状モデルに基づいて各線図形及び地名、アイコン等の表示点の標高値を決定し、表示用図形データを作成する地図要素標高決定手段と、前記視点座標決定手段によって決定された視点座標と前記表示基準点等入力手段から入力された視線方向角とに基づいて前記地形形状モデルと前記標高値の決定された線図形及び地名、アイコン等の表示用図形データとを透視投影変換する座標変換手段と、前記座標変換手段によって透視投影変換されたデータを隠面消去を実行しながら描画し、立体地図画像を出力する描画処理手段と、前記地図要素標高決定手段によって決定された線図形データの各線素の端点の標高値と相応する地形形状の標高値とを比較する線図形データ標高比較手段と、前記線図形データ標高比較手段の比較結果に基づき、前記線図形の前記線素の端点の標高値の方が相応する地形形状と標高値が等しいものまたはより大きいものについて前記地形形状に上書きにより描画する線図形データ描画処理手段と、前記描画処理手段からの立体地図画像と前記線図形データ描画処理手段からの線図形画像とを合成して表示する画像表示手段とを備えたものである。

【0040】請求項31の発明は、請求項30のナビゲーションシステムにおいて、前記線図形データ描画処理手段は、前記線図形が誘導経路である場合に、前記線図形が通常の道路である場合と異なった描画色、若しくは異なった線幅で描画するものである。

【0041】請求項32の発明は、請求項30または31のナビゲーションシステムにおいて、前記線図形データ標高比較手段が、前記線図形の各線素の両端点の標高値が相応する地形形状の標高値と等しいときまたはより大きいときに前記線図形データ描画処理手段に当該線素の上書き指令を出力するものである。

【0042】請求項33の発明は、請求項30または31のナビゲーションシステムにおいて、前記線図形データ標高比較手段が、前記線図形の各線素の両端点のいずれかの標高値が相応する地形形状の標高値よりも小さいときに前記線図形データ描画処理手段に当該線素部分を他の部分と異なる描画色または線幅で上書きするように指令するものである。

【0043】請求項34の発明のナビゲーションプログラムを記憶した媒体は、表示基準点の位置座標と視線方向角データに基づいて表示対象領域を決定し、この表示対象領域に相当する地形形状データを取り込んで地形形状のモデル化を行い、前記表示基準点の位置座標と前記地形形状モデルとから当該表示基準点の標高値を決定し、前記表示基準点の位置座標及び視線方向角と、前記表示基準点標高値とから透視投影変換の視点座標を決定し、前記表示対象領域に相当する地図表示要素データを取り込み、必要に応じて前記地形形状モデルに基づいて各地図表示要素の標高値を決定して表示用図形データを作成し、前記地形形状モデルと前記標高値の決定された地図表示要素とを前記視点座標と前記視線方向角とに基づいて透視投影変換し、前記透視投影変換されたデータから立体地図画像信号を生成するナビゲーションプログラムを記憶したものである。

【0044】請求項35の発明のナビゲーションプログラムを記憶した媒体は、表示基準点の位置座標及び視線方向角データに基づいて表示対象領域を決定し、この表示対象領域内に所定密度のサンプリング点を設定し、各サンプリング点の平面座標  $(x, y)$  に対して相当する標高値  $z$  を取り込んで3次元サンプリング点  $(x, y, z)$  群を生成し、この3次元サンプリング点群を所定のルールにしたがって線線で接続することによって開いた多面体形状の地形形状モデルを作成し、前記表示基準点の位置座標と前記地形形状モデルとから当該表示基準点の標高値を決定し、前記表示基準点の位置座標及び視線方向角と、前記表示基準点の標高値とから透視投影変換の視点座標を決定し、前記表示対象領域に相当する地図表示要素データを取り込み、必要に応じて前記地形形状モデルに基づいて各地図表示要素の標高値を決定して表示用図形データを作成し、前記地形形状モデルと前記標高値の決定された地図表示要素とを前記視点座標と前記視線方向角とに基づいて透視投影変換し、この透視投影変換された地形形状を示す多面体、を視点に対して奥の面の方から上書きにより描画する画像信号を生成し、前記地図表示要素それぞれの表示位置の標高値と相応する前記地形形状モデルの標高値とを比較し、この比較結果に基づき、前記地図表示要素の方が相応する地形形状よりも標高値が大きいものについて地形形状モデルに上書きにより描画する画像信号を生成するナビゲーションプログラムを記憶したものである。

【0045】請求項36の発明のナビゲーションプログラム

ラムを記憶した媒体は、表示基準点の位置座標及び視線方向角データに基づいて表示対象領域を決定し、この表示対象領域内に所定密度のサンプリング点群を設定し、各サンプリング点の平面座標  $(x, y)$  に対して相当する標高値  $z$  を取り込んで3次元サンプリング点  $(x, y, z)$  群を生成し、この3次元サンプリング点群を所定のルールにしたがって接続で接続することによって開いた多面体形状の地形形状モデルを作成し、前記表示基準点の位置座標と前記地形形状モデルとから当該表示基準点の標高値を決定し、前記表示基準点の位置座標及び視線方向角と、前記表示基準点の標高値とから透視投影変換の視点座標を決定し、前記表示対象領域に相当する線図形データを取り込み、また地名、背景データを取り込み、必要に応じて前記地形形状モデルに基づいて各線図形及び地名、アイコン等の表示点の標高値を決定して表示用図形データを作成し、前記視点座標と前記視線方向角とに基づいて、前記地形形状モデルと標高値の決定された線図形及び地名、アイコン等の表示用図形データを透視投影変換し、この透視投影変換されたデータを画面消去を実行しながら描画して立体地図画像を生成し、これと共に前記線図形の各線素の端点の標高値と相応する地形形状モデルの標高値とを比較し、この比較結果に基づいて、線図形の線素の端点の標高値の方が相応する地形形状モデルの標高値よりも大きいものについて前記地形形状モデルに上書きする描画画像信号を生成するナビゲーションプログラムを記憶したものである。

【0046】請求項1の発明のナビゲーションシステムでは、外部の記憶手段に地形平面座標に対して標高値を与えることのできる地形形状データと、道路、地名等の地図上に表示する地図表示要素の位置情報及び付帯情報を記憶する地図データとをあらかじめ記憶しておく。

【0047】そして経路誘導のために道路地図を表示させる必要が生じたときは、表示基準点等入力手段によって表示基準点位置座標及び視線方向角を入力することにより、表示対象領域決定手段が画面上に表示すべき地図上の対象領域（表示対象領域）を決定し、地形形状モデリング手段が、この表示対象領域に相当する地形形状データを地形データ記憶手段から読み込み、地形形状のモデル化を行う。

【0048】そして表示基準点標高決定手段が、入力された表示基準点位置座標と地形形状モデルとから表示基準点の標高値を決定し、視点座標決定手段が、表示基準点位置座標及び視線方向角と、表示基準点標高値とから透視投影変換の視点座標を決定し、さらに地図要素標高決定手段が、地図データ記憶手段から表示対象領域に相当する地図表示要素を読み込み、必要に応じて地形形状モデルに基づいて各地図表示要素の標高値を決定し、表示用図形データを作成する。

【0049】そして座標変換手段が、地形形状モデルと標高値の決定された地図表示要素とを視点座標と視線方

向角とに基づいて透視投影変換し、さらに描画処理手段がこの透視投影変換されたデータから所定の処理によって立体地図画像を生成し、この立体地図画像を画像表示手段に表示する。

【0050】これによってこのナビゲーションシステムでは、道路地図を立体的鳥瞰図表示することができ、利用者にとって現実感の高い道路地図表示ができ、誘導経路や現在位置等を利用者に直感的に把握させることができるようになる。

【0051】請求項2の発明のナビゲーションシステムでは、描画処理手段が座標変換手段が透視投影変換したデータを画面消去を実行しながら描画して立体地図画像を出力することにより、画像表示手段に道路地図の立体的鳥瞰図表示を行う。

【0052】請求項3の発明のナビゲーションシステムでは、描画処理手段が誘導経路を通常の道路と異なった描画色若しくは線種で描画することにより、誘導経路を通常の道路と明確に識別できるようにする。

【0053】請求項4の発明のナビゲーションシステムでは、地形形状モデリング手段が、表示対象領域内に所定密度のサンプリング点群を設定し、各サンプリング点の平面座標  $(x, y)$  に対して相当する標高値  $z$  を地形データ記憶手段より読み込んで3次元サンプリング点  $(x, y, z)$  群を生成し、この3次元サンプリング点群を所定のルールにしたがって接続で接続することによって開いた多面体形状によって地形形状の近似モデルを作成する。

【0054】請求項5の発明のナビゲーションシステムでは、地形形状モデリング手段が、表示対象領域のうちの視点座標から近い部分領域においては分布密度の高いサンプリング点群を設定し、視点座標から遠い部分領域においては分布密度の低いサンプリング点群を設定することにより、演算回数を少なくして高速描画処理を可能にする。

【0055】請求項6の発明のナビゲーションシステムでは、視点座標決定手段が、表示基準点標高決定手段の決定した表示基準点標高値にしたがって視点座標の標高座標値を変化させることにより、常に表示対象領域を見下ろす形の立体的鳥瞰図表示を可能とする。

【0056】請求項7の発明のナビゲーションシステムでは、視点座標決定手段が、表示基準点標高決定手段の決定した表示基準点標高値に対して一定のオフセットを加えて視点座標の標高値を決定することにより、表示基準点の標高値が変化してもその表示基準点の標高を基準平面にした立体的鳥瞰図表示ができ、視点が地表の下に潜って正しい表示ができなくなる等の不具合を避けることができる。

【0057】請求項8の発明のナビゲーションシステムでは、地図要素標高決定手段が、地図データ記憶手段に記憶されている地図データが道路と地名を含む地図表示

要素の標高を除く位置情報を2次元座標の形で記憶するものである場合、地図表示要素の有する2次元位置座標に対して、地形形状モデリング手段による地形形状モデルを参照して対応する2次元位置座標の標高値を読み出し、その標高値を含めた3次元座標で表現される地図表示要素の表示用図形データを作成する。

【0058】請求項9の発明のナビゲーションシステムでは、地図データ記憶手段に記憶されている地図データが、少なくとも道路線素を構成する点群の2次元座標で記述された位置情報と、相当する道路線素が高架またはトンネルであるか否かを示す道路種別情報とを有し、地図要素標高決定手段が、道路線素構成点の2次元位置情報と地形形状モデルとに基づいて当該構成点の標高値を決定する際に、当該構成点が高架またはトンネルである一連の道路線素群の内部構成点である場合には、高架またはトンネルである一連の道路線素群の端端点を示す2つの構成点のすてに算出された標高値から当該内部構成点の標高値を算出することにより、山に隠れているように、あるいは高架として道路が上空を渡っているように道路線素を表示することができ、現実感がより向上する。

【0059】請求項10の発明のナビゲーションシステムでは、地図データ記憶手段に記憶されている地図データが、少なくとも道路線素を構成する点群の2次元座標で記述された位置情報と、相当する道路線素が高架またはトンネルであるか否かを示す道路種別情報とを有し、地図要素標高決定手段が、道路線素構成点の位置情報と地形データの標高値とに基づいて当該構成点の標高値を算出する際に、当該構成点に相当する道路線素が高架またはトンネルでなく、かつ当該構成点の密度が地形形状モデリング手段が設定したサンプリング点群の密度よりも小さい場合に、道路線素に対してこれらを内分する点を新たな構成点として付加し、この付加した構成点に対して、地形形状モデルを参照して標高値を算出することにより、高架やトンネルをくぐっていない道路についてはトンネルのように地面を貫通したり、高架のように上空に浮き上がることなく、常に地表面に沿って道路が走っているかのように表示する。

【0060】請求項11の発明のナビゲーションシステムでは、地図要素標高決定手段が、道路、鉄道、水系及び施設等の線図形や面図形の表示用図形データを作成する際に、外部から与えられ、若しくは自ら決定する本来の標高値に対して、あらかじめ定められたオフセット値を加えたものを当該線図形や面図形の高さ方向の座標値として決定し、表示用図形データを作成することにより、地形形状とこれらの線図形や面図形との標高値が一致するような部分についても常に線図形や面図形を地形形状に優先させて表示し、地形形状によって標高値の等しい線図形や面図形の表示がかされることがないようにする。

【0061】請求項12の発明のナビゲーションシステムでは、地図要素標高決定手段が、道路、鉄道、水系及び施設の本来的な標高値に対して加えるオフセット値として、道路及び鉄道に用いるオフセット値を水系及び施設に用いるオフセット値よりも大きい値とすることにより、地形形状と線図形や面図形との標高値が一致するような部分についても常に線図形や面図形を地形形状に優先させて表示すると共に、道路地図として重要な道路及び鉄道の図形を水系及び施設の等図形よりも優先させて表示し、地形形状、水系、施設等の図形によって標高値の等しい道路及び鉄道の図形の表示がかされることがないようにする。

【0062】請求項13の発明のナビゲーションシステムでは、地図要素標高決定手段が地図表示要素の本来的な標高値に加えるオフセット値として、誘導経路に対して道路及び鉄道よりも大きい値を用いることにより、誘導経路を通常の道路から明確に識別して描面できるようにする。

【0063】請求項14の発明のナビゲーションシステムでは、表示基準点標高決定手段が、車両現在位置を示す図形データの標高値を決定する際に、地形形状モデリング手段による地形形状モデルに基づいて決定した標高値に対して、あらかじめ定められたオフセット値を加えたものを当該車両現在位置の高さ方向の座標値として決定し、図形データを作成することにより、地形形状と標高値が同じであっても地形形状に優先させて車両現在位置を表示し、地形形状によって車両現在位置の表示がかされることがないようにする。

【0064】請求項15の発明のナビゲーションシステムでは、地図要素標高決定手段が、車両現在位置を示す図形データの標高値に対して加えるオフセット値として、道路及び鉄道に対して用いるオフセット値よりも大きい値を用いることにより、これらの線図形によって車両現在位置の表示がかされることがないようにする。

【0065】請求項16の発明のナビゲーションシステムでは、地図要素標高決定手段が、地名の表示位置を示す点の表示用図形データを作成する際に、外部から与えられ、若しくは自ら決定する本来の標高値に対して、道路に対して定められたオフセット値よりも大きいオフセット値を加えたものを当該地名の表示位置を示す点の高さ方向の座標値として決定し、表示用図形データを作成することにより、重要な情報である地名の文字列が標高値の等しい道路図形によってかされることがないようにする。

【0066】請求項17の発明のナビゲーションシステムでは、地図要素標高決定手段が、地名の表示位置を示す点の表示用図形データを作成する際に、外部から与えられ、若しくは自ら決定する本来の標高値に対して、当該表示位置に表示される文字列のいずれの文字も当該文字の表示位置における地形形状に隠されることがない

だけのオフセット値を加えたものを当該地名の表示位置を示す点の高さ方向の座標値として決定し、表示用図形データを作成することにより、地名の文字列が地形形状の勾配によって一部隠されることがないで全体を表示できるようにする。

【0067】請求項18の発明のナビゲーションシステムでは、描画処理手段が、座標変換手段による透視投影変換の結果、地形形状と地図表示要素を含む各描画要素のうち複数の描画要素が視点から発する同一直線上に重なり部分を持つ場合、当該視点からより遠くに存在する描画要素を表示する際に重なり部分を除いた部分のみを画像表示手段に表示させることにより、現実に見た景観に近い立体地図表示を行う。

【0068】請求項19の発明のナビゲーションシステムでは、描画処理手段が、座標変換手段による透視投影変換の結果、地形形状と地図表示要素を含む各描画要素のうち複数の描画要素が視点から発する同一直線上に重なり部分を持つ場合、当該視点からより遠くに存在する描画要素を表示する際に重なり部分を除いた部分に他の部分と異なる色で表示させることにより、道路の一部が手前側の地形形状に隠されている場合でもその隠されている部分の様子を利用者に理解できるようにする。

【0069】請求項20の発明のナビゲーションシステムでは、請求項18における重なり部分に用いる異なる色として、描画要素の重なり部分以外の部分を表示する色と当該描画要素と重なり部分を持つ描画要素を表示する色とを定められた比率に基づいて混合した色を用いることにより、道路の一部が手前側の地形形状に隠されている場合でもその隠されている部分を地形形状を透かして見えるように表示する。

【0070】請求項21の発明のナビゲーションシステムでは、描画処理手段が、座標変換手段による透視投影変換の結果、地形形状と地図表示要素を含む各描画要素のうち複数の描画要素が視点から発する同一直線上に重なり部分を持つ場合、視点からより遠くに存在する描画要素が楕円形であるときに当該重なり部分を画像表示手段に楕円で表示させることにより、道路の一部が手前側の地形形状に隠されている場合でもその隠されている部分の様子を利用者に理解できるようにする。

【0071】請求項22の発明のナビゲーションシステムでは、描画処理手段が、地形形状を示す多面体形状を描画する際に、標高に応じた描画色を用いて当該多面体形状の各面を描画することにより、より立体感を高めた表示となる。

【0072】請求項23の発明のナビゲーションシステムでは、描画処理手段が、地形形状を示す多面体形状を描画する際に、各面を標高に応じた描画色によって描画すると共に、頂点間各々を接続する稜線群を描画することにより、地形形状の起伏の様子を利用者に直感的に理解しやすくなる。

【0073】請求項24の発明のナビゲーションシステムでは、描画処理手段が、地形形状を示す多面体形状を描画する際に、各面を標高に応じた描画色によって描画すると共に、頂点間各々を接続する稜線群のうち、経線、緯線方向と一致する向きの稜線群のみを描画することにより、地形形状の起伏の様子を利用者に直感的に理解しやすくと共に、描画される稜線群の数を少なくして煩雑さを防ぎ、さらに利用者にとって方位の認識を容易にする。

10 【0074】請求項25の発明のナビゲーションシステムでは、外部の記憶手段に地形平面座標に対して標高値を与えることのできる地形形状データと、道路、地名等の地図上に表示する地図表示要素の位置情報及び付帯情報を記憶する地図データとをあらかじめ記憶させておく。

【0075】そして表示される地図の位置、方向を決定するための表示基準点位置座標及び視線方向角を表示基準点等入力手段から入力することにより、表示対象領域決定手段が、表示基準点位置座標及び視線方向角にしたがって画面上に表示される地図上の対象領域（表示対象領域）を決定し、地形形状モデリング手段が、この表示対象領域内に所定密度のサンプリング点を設定し、各サンプリング点の平面座標（ $x, y$ ）に対して相当する標高値 $z$ を地形データ記憶手段より読込んだ3次元サンプリング点（ $x, y, z$ ）群を生成し、この3次元サンプリング点群を所定のルールにしたがって稜線で接続することによって開いた多面体形状の地形形状モデルを作成する。

30 【0076】そして表示基準点標高決定手段が、入力された表示基準点位置座標と地形形状モデルから表示基準点の標高値を決定し、視点座標決定手段が、表示基準点位置座標及び視線方向角と、表示基準点標高値とから透視投影変換の視点座標を決定し、さらに地図要素標高決定手段が、地図データ記憶手段から表示対象領域に相当する地図表示要素を讀込み、必要に応じて地形形状モデルに基づいて各地図表示要素の標高値を決定し、表示用図形データを作成する。

40 【0077】そして座標変換手段が、地形形状モデルと標高値の決定された地図表示要素とを視点座標と視線方向角とに基づいて透視投影変換し、地形形状描画処理手段が、この透視投影変換された地形形状を示す多面体を、視点に対して奥の方の面から上書きにより描画し、立体地図画像を出力する。これと共に、地図要素標高比較手段が、地図表示要素それぞれの表示位置の標高値と相応する地形形状の標高値とを比較し、この比較結果に基づき、地図要素描画処理手段が地図表示要素の各が相応する地形形状と標高値が等しいものまたはより大きいものについて地形形状に上書きにより描画する指令を出力する。そして画像表示手段が、地形形状描画処理手段からの立体地図画像に地図要素描画処理手段からの地図

要素画像を上書き合成して表示する。

【0078】これによってこのナビゲーションシステムでは、道路地図を立体的鳥瞰図表示ことができ、利用者にとって現実感の高い道路地図表示ができ、誘導経路や現在位置等を利用者に直感的に把握させることができるようになる。しかもこのナビゲーションシステムの場合、画面消去処理をしないが、演算処理にかかる中央演算処理装置の負担を軽減することができ、高速描画が可能となる。

【0079】請求項26の発明のナビゲーションシステムでは、地図要素標高比較手段が、地図表示要素それぞれの表示位置の標高値と対応する地形形状の標高値とを地形描画色に基づいて比較し、この比較結果に基づき、地図要素描画処理手段が地図表示要素の方が対応する地形形状と標高値が等しいものまたはより大きいものについて地形形状に上書きにより描画する指令を出力することにより、表示用に変換した画像をそのまま用いることができ、処理速度を高めることができる。

【0080】請求項27の発明のナビゲーションシステムでは、地図要素描画処理手段が、地図表示要素が誘導経路である場合に通常の道路である場合と異なった描画色若しくは異なった線幅にて描画することにより、誘導経路を明確に識別できるようにする。

【0081】請求項28の発明のナビゲーションシステムでは、地図要素標高比較手段が、地図表示要素が線図形である場合、その線素の両端点の標高値、また地図表示要素が面図形である場合、その面素の上頂点の標高値が対応する地形形状の標高値と等しいときまたはより大きいときに地図要素描画処理手段に当該線素及び面素の上書き指令を出力することにより、地形形状のサンプリング点の密度よりも小さい密度の線素及び面素についても、線素及び面素に内部構成点を付加する処理をなくとも適切にすることができ、その全体を表示するようになる。

【0082】請求項29の発明のナビゲーションシステムでは、地図要素標高比較手段が、地図表示要素が道路、河川、鉄道のような線図形である場合、その線素の両端点のいずれかの標高値が対応する地形形状の標高値よりも小さいときに地図要素描画処理手段に当該線素部分を他の部分と異なる描画色または線幅で上書きするように指示することにより、道路のような線図形の一部が手前側の地形形状に隠されている場合でもその隠されている部分の様子を利用者に理解できるようにする。

【0083】請求項30の発明のナビゲーションシステムでは、地形データ記憶手段に地形平面座標に対して標高値を与えることのできる地形形状データを記憶させ、線図形データ記憶手段に道路、河川、鉄道のよう線図形を地図上に表示する位置情報及び付帯情報を記憶させ、地名、背景データ記憶手段に地名、アイコン等のような文字列及び図柄を地図上に表示する位置情報及び付帯情報を記憶させておく。

【0084】そして表示される地図の位置、方向を決定するための表示基準点位置座標及び視線方向角を表示基準点等入力手段から入力することにより、表示対象領域決定手段が、表示基準点位置座標及び視線方向角にしたがって画面上に表示される地図上の対象領域（表示対象領域）を決定し、地形形状モデリング手段が、この表示対象領域内に所定密度のサンプリング点を設定し、各サンプリング点の平面座標（ $x$ 、 $y$ ）に対して相当する標高値 $z$ を地形データ記憶手段より読込んで3次元サンプリング点（ $x$ 、 $y$ 、 $z$ ）群を生成し、この3次元サンプリング点群を所定のルールにしたがって線幅で接続することによって開いた多面体形状の地形形状モデルを作成する。

【0085】また表示基準点標高決定手段が、入力された表示基準点位置座標と地形形状モデリング手段による地形形状モデルとから表示基準点の標高値を決定し、視点座標決定手段が、入力された表示基準点位置座標及び視線方向角と、表示基準点標高決定手段による表示基準点標高値とから透視投影変換の視点座標を決定し、地図要素標高決定手段が、線図形データ記憶手段から表示対象領域に相当する線図形データを読み、地名、背景データ記憶手段から地名、背景データを読み、必要に応じて地形形状モデリング手段による地形形状モデルに基づいて各線図形及び地名、アイコン等の表示点の標高値を決定し、表示用図形データを作成する。

【0086】そして座標変換手段が、視点座標決定手段により決定された視点座標と入力された視線方向角とに基づいて、地形形状モデリング手段による地形形状モデルと標高値の決定された線図形及び地名、アイコン等の表示用図形データとを透視投影変換し、さらに描画処理手段が、この透視投影変換されたデータを画面消去を実行しながら描画し、立体地図画像を出力する。これと共に線図形データ標高比較手段が、線図形データの各線素の端点の標高値と対応する地形形状の標高値とを比較し、この比較結果に基づき、線図形データ描画処理手段が、線図形の線素の端点の標高値の方が対応する地形形状と標高値が等しいものまたはより大きいものについて地形形状に上書きにより描画する指令を出力する。そして画像表示手段が、描画処理手段からの立体地図画像に線図形データ描画処理手段からの線図形画像を上書き合成して立体道路地図を表示する。

【0087】これによってこのナビゲーションシステムでは、道路地図を立体的鳥瞰図表示ことができ、利用者にとって現実感の高い道路地図表示ができ、誘導経路や現在位置等を利用者に直感的に把握させることができるようになる。

【0088】請求項31の発明のナビゲーションシステムでは、線図形データ描画処理手段が線図形が誘導経路である場合に通常の道路である場合と異なった描画色、若しくは異なった線幅で描画することにより、誘導経路

を明確に識別できるようにする。

【0089】請求項32の発明のナビゲーションシステムでは、線図形データ標高比較手段が、線図形の各線素の両端点の標高値が相応する地形形状の標高値と等しいときまたはより大きいときに線図形データ描画処理手段に当該線素の上書き指令を出力することにより、地形形状のサンプリング点の密度よりも小さい密度の線素についても、線素に内部構成点を付加する処理をしなくても途切れることなく線素の全体を表示するようになる。

【0090】請求項33の発明のナビゲーションシステムでは、線図形データ標高比較手段が、線図形の各線素の両端点のいずれかの標高値が相応する地形形状の標高値よりも小さいときに線図形データ描画処理手段に当該線素部分を他の部分と異なる描画色または点線の上書きするように指令することにより、道路のような線図形の一部が手前側の地形形状に隠されている場合でもその隠されている部分の様子を利用者に理解できるようにする。

【0091】請求項34の発明のナビゲーションプログラムを記憶した媒体では、これをナビゲーションシステムの中央演算処理装置に実行させることによって上記の請求項1のナビゲーションシステムを実現することができる。

【0092】請求項35の発明のナビゲーションプログラムを記憶した媒体では、これをナビゲーションシステムの中央演算処理装置に実行させることによって上記の請求項25のナビゲーションシステムを実現することができる。

【0093】請求項36の発明のナビゲーションプログラムを記憶した媒体では、これをナビゲーションシステムの中央演算処理装置に実行させることによって上記の請求項30のナビゲーションシステムを実現することができる。

【0094】

【発明の効果】請求項1及び2の発明によれば、道路地図を立体的鳥瞰図表示することができ、利用者に比べて現実感の高い道路地図表示ができ、誘導経路や現在位置等を利用者に直感的に把握させることができる。

【0095】請求項3の発明によれば、誘導経路を通常の道路と明確に識別できるように表示することができる。

【0096】請求項4の発明によれば、開いた多面体形状によって地形形状の近似モデルを作成し、地形形状を立体表示することができる。

【0097】請求項5の発明によれば、演算回数を少なくして地形形状の高速描画が可能となる。

【0098】請求項6の発明によれば、常に表示対象領域を見下ろす形の自然な立体鳥瞰図表示が可能となる。

【0099】請求項7の発明によれば、表示基準点の標高値が変化してもその表示基準点の標高を基準平面にし

た立体鳥瞰図表示ができ、視点が地表面の下に潜って正しい表示ができなくなる等の不具合を避けることができる。

【0100】請求項8の発明によれば、標面消去処理において地形形状と地図表示要素とを同時に扱い、立体道路地図を作成することができる。

【0101】請求項9の発明によれば、トンネルをくぐっている道路であれば山に隠れているように、また高架であれば道路が上空を渡っているように表示することができ、現実感がより向上する。

【0102】請求項10の発明によれば、高架を渡ったりトンネルをくぐったりしていない道路については常に地表面に沿って道路が走っているかのように表示することができる。

【0103】請求項11の発明によれば、地形形状と線図形や面図形との標高値が一致するような部分についても常に線図形や面図形を地形形状に優先させて表示し、地形形状によって標高値の等しい線図形や面図形の表示がかすれないように表示することができる。

【0104】請求項12の発明によれば、地形形状と線図形や面図形との標高値が一致するような部分についても常に線図形や面図形を地形形状に優先させて表示すると共に、道路地図として重要な道路及び鉄道の図形を水系及び施設の図形よりも優先させて表示し、地形形状、水系、施設等の図形によって標高値の等しい道路及び鉄道の等図形の表示がかすれないように表示することができる。

【0105】請求項13の発明によれば、誘導経路を通常の道路から明確に識別して描画することができる。

【0106】請求項14の発明によれば、地形形状と標高値が同じであっても地形形状に優先させて車両現在位置を表示し、地形形状によって車両現在位置の表示がかすれないように表示することができる。

【0107】請求項15の発明によれば、河川及び鉄道の線図形によって車両現在位置の表示がかすれないように表示することができる。

【0108】請求項16の発明によれば、重要な情報である地名の文字列が標高値の等しい道路図形によってかすれないように表示することができる。

【0109】請求項17の発明によれば、地名の文字列が地形形状の勾配によって一部隠れることなく、全体を表示できる。

【0110】請求項18の発明によれば、現実に見た景観に近い立体地図表示を行うことができる。

【0111】請求項19の発明によれば、道路の一部が手前側の地形形状に隠されている場合でもその隠されている部分の様子を利用者に理解できるように表示することができる。

【0112】請求項20の発明によれば、道路の一部が手前側の地形形状に隠されている場合でもその隠されて

いる部分を地形形状を透かして見えるように表示することができる、利用者に容易に理解させることができる。

【0113】請求項21の発明によれば、道路の一部が手前側の地形形状に隠されている場合でもその隠されている部分の様子を利用者に理解させることができる。

【0114】請求項22の発明によれば、より立体感を高めた道路地図表示が可能となる。

【0115】請求項23の発明によれば、地形形状の起伏の様子を利用者に直感的に理解しやすく表示することができる。

【0116】請求項24の発明によれば、地形形状の起伏の様子を利用者に直感的に理解しやすくすると共に、描画される稜線群の本数を少なくして煩雑さを防ぎ、さらに利用者にとって方位の認識を容易にすることができる。

【0117】請求項25の発明によれば、道路地図を立体的鳥瞰図表示することができ、利用者にとって現実感の高い道路地図表示ができ、誘導経路や現在位置等を利用者に直感的に把握させることができ、しかも画面消去処理をしない分、演算処理にかかる中央演算処理装置の負担を軽減することができ、高速描画が可能となる。

【0118】請求項26の発明によれば、標高値の比較を描画色に基づいて行うことができ、表示用に作成した画像をそのまま用いることができ処理速度を高めることができる。

【0119】請求項27の発明によれば、導経路を通常の道路から明確に識別して描画することができる。

【0120】請求項28の発明によれば、地形形状のサンプリング点の密度よりも小さい密度の線素及び面素についても、線素及び面素に内部構成点を付加する処理をしなくても途切れることなくその全体を表示することができる。

【0121】請求項29の発明によれば、道路のような線図形の一部分が手前側の地形形状に隠されている場合でもその隠されている部分の様子を利用者に理解できるように表示することができる。

【0122】請求項30の発明によれば、道路地図を立体的鳥瞰図表示することができ、利用者にとって現実感の高い道路地図表示ができ、誘導経路や現在位置等を利用者に直感的に把握させることができる。

【0123】請求項31の発明によれば、誘導経路を通常の道路から明確に識別して描画することができる。

【0124】請求項32の発明によれば、地形形状のサンプリング点の密度よりも小さい密度の線素についても、線素に内部構成点を付加する処理をしなくても途切れることなく線素の全体を表示することができる。

【0125】請求項33の発明によれば、道路のような線図形の一部分が手前側の地形形状に隠されている場合でもその隠されている部分の様子を利用者に理解できるように表示することができる。

【0126】請求項34の発明によれば、これを用いて請求項1のナビゲーションシステムを実現することができる。

【0127】請求項35の発明によれば、これを用いて請求項25のナビゲーションシステムを実現することができる。

【0128】請求項36の発明によれば、これを用いて請求項30のナビゲーションシステムを実現することができる。

# 【0129】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図に基づいて詳説する。図1は本発明の1つの実施の形態のシステム構成を示しており、ハードウェア的には従来から知られているGPSセンサにより若しくは車速センサ、方位センサ及びジャイロセンサの信号に基づき自立航法によって検出する車両の現在位置と進行方向を指定し、あるいはリモコン操作器やキーボードによって任意の地点と進行方向を指定することによって表示基準点位置座標と視線方向角を算出する表示基準点等入力装置1と、各地点の標高値データで成る地形データ2aと道路や地名の情報を含む地図データ2bとを記憶する外部記憶装置2と、高速演算処理可能な中央演算処理装置、内部記憶装置、入出力インタフェースを備えたコンピュータで成る演算処理装置3、そしてこの演算処理装置3から出力される画像信号によって表示を行う画像表示装置4から構成されている。

【0130】地形データ2aは図2(a)に示するような実際の経度・緯度座標点ごとの標高値データを図2(b)に示するようなマトリクステーブル形式のデータにして記憶している。すなわち、水平面方向に一定密度、たとえば、経線(y)・緯線(x)各方向に一定間隔で格子点状に配置された各点(サンプリング点)に対してその点における実際の標高値をマトリクステーブル形式で記憶している。

【0131】さらに、外部記憶装置2にはこのような地形データ2aを複数種類の密度のサンプリング点に対して記述された標高値データを、それぞれ異なる精度の地形データとして、若しくは異なる精度と見なして記憶させておくことができる。たとえば、100mごとと、500mごとと、5kmごとに配置されたサンプリング点の標高値データを3種類の精度の地形データ2aとして別々に記憶させておくのである。またこの場合、物理的に最高精度である100mごとのサンプリング点の標高値データを地形データとして1種類だけ記憶させておき、地図表示時の縮尺指定に応じてそのまま用いたり、5点おきに存在するものを中精度の地形データとして抽出し、さらに50点おきに存在するものを低精度の地形データとして抽出して用いるようにしておくこともできる。

【0132】なお、この地形データ2aそのもののデータ形式はこれに限定されず、図3に示すように実際の等



高線表現されているデータであってもよく、またたとえば、緯度 $x$ 、経度 $y$ として $z=f(x, y)$ で与えられる曲面方程式の形式で登録しておくこともでき、特にデータ形式が制限されることはない。

【0133】地図データ2bは、道路や地名等の地図上に表示される表示要素とその位置情報及び必要な場合には属性等の付帯情報も含めて記憶している。たとえば、道路については、稜線または連続する稜線群の形式で表示するものとして各端点を示す一連の点列の位置座標を当該道路の位置情報とし、また湖沼や流域の広い河川、ゴルフ場や駅構内等の面図形については、多角形の形式で表示するものとして各頂点や内部の分割点を示す一連の点列の位置座標を当該水系、施設の位置情報とし、各点の接続形態を属性として備えている。

【0134】つまり、図4(a)に示すような水系又は施設が頂点1〜5と内部点6、7で定義されている場合、分割される小多角形(ここでは三角形であるが、これに限定されることはない)を構成する頂点の組、つまり図4(b)に示す頂点の組を属性として備えているのである。そこで、この水系又は施設を表すときには、7つの相接する小多角形(ここでは小三角形)を属性である接続形態にしたがって描くことにより、水系又は施設のような面図形の全体を表示するのである。

【0135】全体で、地名や道路名については、地図上に文字列を表示する位置の座標を位置情報とし、文字列を属性として備えているものとする。さらに道路リンクに対して付加される属性情報には、その道路の種別(高速道路か、国道か、県道かによって表示色を変える必要がある)や形態(道背路かトンネルか高架か等)がある。そしてこれらの位置情報は経度、緯度に相当する2次元座標で記述して記憶しておくことができ、また標高値データも含む3次元座標として記憶しておくこともできる。さらに、中央演算処理装置が別のプログラムの実行によって得た目的地までの誘導経路あるいは使用者自らが設定した誘導経路については、該当する道路データの各リンク(線素)において、それが誘導経路であることを示すフラグを設定することによって通常の道路と識別できるようにして内部記憶に記憶している。たとえば、道路データを知り直線(線素)の接続によって表現している場合、その道路データは $(x_0, y_0)$ 、 $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$ 、 $(x_3, y_3)$ 、…の各座標を直線で結ぶように指定することになるが、このような道路データに対して、それが誘導経路に指定された場合には、 $(x_0, y_0; 1)$ 、 $(x_1, y_1; 1)$ 、 $(x_2, y_2; 1)$ 、…というようにフラグを設定してこれらが誘導経路の線素(リンク)であることを識別するのである。

【0136】演算処理装置3が実行する各種演算処理機能の構成を説明すると、表示対象領域決定部3-1、地形形状モデリング部3-2、表示基準点標高決定部3-

3、視点座標決定部3-4、地図要素標高決定部3-5、座標変換部3-6及び隠面消去描画処理部3-7から成る。

【0137】表示対象領域決定部3-1は、表示基準点等入力装置1から入力される表示基準点座標、視線方向角に基づいて、表示される地図上の対象領域を表示基準点と同じ標高に仮想的に置かれた水平面上で決定する部分である。地形形状モデリング部3-2は、表示対象領域決定部3-1が決定した表示対象領域内に適当に分布する点群を設定し、各点の平面座標 $(x, y)$ に対して相当する標高値 $z$ を地形データ2bから読み込んで $(x, y, z)$ の3次元データを生成し、この $(x, y, z)$ を頂点として各頂点間を適当な稜線で接続して地形形状を示す多面体を作成する部分である。

【0138】表示基準点標高決定部3-3は、表示基準点等入力装置1から入力される表示基準点の $x, y$ 座標値 $(P_x, P_y)$ と、地形形状モデリング部3-2で求められた地形形状から表示基準点の高さ方向 $z$ 座標値 $P_z$ を内挿によって求める部分であり、視点座標決定部3-4は、表示基準点標高決定部3-3で求めた表示基準点の位置座標 $(P_x, P_y, P_z)$ に基づいて視点の座標 $(V_x, V_y, V_z)$ を求める部分であり、地図要素標高決定部3-5は、表示対象領域内の地図要素データを地図データ2bから読み込み、標高値がなければ表示基準点標高決定部3-3の演算処理と同じ手順によって内挿によって相当する標高値を求め、また地形形状の誤差や後述する隠面消去による表示のかけを低減するために、求めた標高値に微小のオフセットを加える処理を行う部分である。

【0139】座標変換部3-6は、透視投影変換によって表示画面上の2次元座標 $(S_x, S_y)$ と奥行き座標 $S_z$ を求める部分であり、隠面消去描画処理部3-7は、画素ごとに奥行き座標を比較し、すでに描画した画素よりも奥の小さいものだけを更新描画することによって隠面消去を有効にした立体地図描画信号を生成し、この立体地図描画信号を画像表示装置4に出力して立体道路地図を表示させる部分である。描画色は標高値によって異なるものを割り付け、また道路、河川、地名等についても別の描画色を割り付ける。さらに誘導経路については通常の道路と異なる描画色で、特に目立つ色、たとえば、赤、黄、青のような色を割り付ける。

【0140】次に、上記構成のナビゲーションシステムの動作について、図5のフローチャートに基づいて説明する。演算処理装置3による画像表示装置4の表示画面への立体地図の表示処理は、表示基準点等入力装置1から入力される表示基準点の更新ごとに、表示対象領域の決定、地形及び地図データの読み込み、視点座標の決定、表示用図形データの作成、透視投影法による座標変換、クリッピング等の描画処理という一連の演算処理を繰り返すことによって実行する。

【0141】表示基準点等入力装置1から表示基準点の位置座標及び視線方向角が入力されると、演算処理装置3の表示対象領域決定部3-1は、これらの表示基準点の位置座標と視線方向角に基づいて画面上に表示される地図上の対象領域を決定する(ステップS301)。ここで表示基準点とは、表示される地図の位置を決定するための表示画面における代表点のことであり、また視線方向角とは視線の水平面上への正射影の方位角のことである。そしてこの表示基準点の入力には、たとえば、車載型のナビゲーションシステムでは、自車両の現在位置を中心にその近辺の地図を表示する場合には、GPSセンサや車速センサ、ジャイロセンサにより現在位置と進行方向を計測して出力する自車両位置計測装置を表示基準点等入力装置1として用いることができる。またあるいは利用者が地図上の任意の地点を指定してその近辺の地図を所望の視線方向で表示する場合には、表示基準点等出力装置1としてリモコン操作器やキーボードのような地点指定手段を用いることもできる。

【0142】ここで図6に基づいて視点、表示基準点と表示対象領域との位置関係を説明する。表示対象領域は標高値にかかわらず、経度・緯度に相当する2次元座標系 $(x, y)$ で特定するものとし、ここでは表示基準点と同じ標高の水平面を地図平面と仮定する。さらに視点座標の高さを表示基準点の標高値からのオフセット $h$ で記述することとすれば、図6に示した位置関係は標高のいかにかかわらず常に成立し、従来の鳥瞰図表示のナビゲーションシステムと同様に表示対象領域を特定することができる。すなわち、表示基準点の標高を除く2次元位置座標 $(P_x, P_y)$ 及び視線方向角 $\phi$ が表示基準点等入力装置1から与えられると、あらかじめ定められた視点高さオフセット $h$ 、視線傾角 $\theta$ 、視野角 $\beta$ 、表示基準点表示位置 $g$ 等を用いて表示対象領域を求めることができる。

【0143】次に、地形形状モデリング部3-2において、図7に示すようにステップS301で求めた表示対象領域を十分にカバーできる範囲の地形データを外部記憶装置2から読み込み、地形形状のモデル化を行う(ステップS302)。この場合、後述する複数精度の地形データのように、表示対象領域をいくつかの部分領域に分割し、各領域で異なるデータを用いる場合には部分領域ごとにそれを十分にカバーすることができる範囲に相当する地形データを読み込むことになる。なお、この地形データの読み込みに際して、必要なデータの一部または全部が前回の表示処理にも使われていてすでに演算処理装置3の内部記憶装置(図示せず)に記憶されている場合には、重複部分のデータはその内部記憶装置データを用い、外部記憶装置2からは必要なデータだけを読み込むようにしてデータ転送時間を短縮することができる。

【0144】地形形状のモデル化処理では、図7(a)に示すように表示対象領域決定部3-1が求めた表示対

象領域に対して、それを十分にカバーする範囲に含まれるサンプリング点(つまり、地形データが登録されている $(x, y)$ 点群)を設定し、それらの各サンプリング点ごとに標高値データ $z$ を読み込み、図4(b)に示すようにサンプリング点ごとに $(x, y, z)$ 座標で頂点を発生させ、さらに図4(c)に示すようにこれらの頂点を緯度、経度が隣接するもの同士を接続して小四辺形(必ずしも平面になるとは限らない)を生成し、さらにこれらの各小四辺形においてたとえば、南東・北西方向の頂点同士を結んだ対角線によって2つの小三角形(平面となる)に分割するようにして開いた多面体形状を作成するのである。

【0145】なお、ここにおいても図8に示すように、異なる2つの精度の地形データを用いて表示対象領域の地形形状をモデル化する場合には、視点に近い領域では高精度の地形データを用い、視点から遠い領域では低精度の地形データを用い、両精度の地形データが隣接する部分では実空間点を接続して、多面体を構成するすべての面が三角形となるようにする。

【0146】次に、表示基準点標高決定部3-3において表示基準点 $(P_x, P_y)$ の標高値 $P_z$ を決定する(ステップS303)。これには、表示基準点等入力装置1が十分な精度の標高値 $P_z$ を入力することができる場合には直接その値を用いることができる。しかしながら、十分な精度が保証されないシステムの場合や標高値 $P_z$ そのものを計測しないシステムの場合、表示基準点の2次元位置座標 $(P_x, P_y)$ と前ステップS302で読み込まれた地形データから相当する標高値 $P_z$ を近似演算する。この方法について図9に基づいて説明する。まず地形データの標高値を与えるサンプリング点の中で $xy$ 2次元座標系において表示基準点 $(P_x, P_y)$ に近接する3点を求める。次に、これらの3点に各々の標高値を与えた3次元空間内の点 $A, B, C$ として、これらの空間3点 $A, B, C$ を通る平面の方程式を求める。この平面の方程式に $(x, y) = (P_x, P_y)$ を代入して得られる $z$ 値を表示基準点の標高値 $P_z$ とする。すなわち、空間3点 $A, B, C$ の位置ベクトルを $A, B, C$ とすれば、 $P_z$ は、次の(1)式によって求められる。

【数147】

【数1】

$$P_z = \frac{A \cdot (B \times C) - D_x P_x - D_y P_y}{D_z} \quad \dots (1)$$

ただし、ここでは、

【数2】

$$(D_x, D_y, D_z) = (B - A) \times (C - A) \quad \dots (2)$$

であり、 $(D_x, D_y, D_z)$ は3点 $A, B, C$ による平面上に垂直なベクトルを表わすものである。

【0148】次に、視点座標決定部3-4では、このよ

うにして求めた表示基準点の標高値  $P_z$  に対して、あらかじめ定められた視点高さオフセット  $h$  を加えることによって視点座標の高さ方向の座標値  $V_z (=P_z+h)$  を求める。また視点の  $x, y$  座標 ( $V_x, V_y$ ) も、視線方向角等に基づいて求める (ステップ S304)。すなわち

$$\begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_x - h \cot(\theta + \delta) \cos \varphi \\ P_y - h \cot(\theta + \delta) \sin \varphi \\ P_z + h \end{pmatrix} \quad \cdots (3)$$

さらに地区要素標高決定部 3-5 は、表示対象領域決定部 3-1 が決定した表示対象領域に基づき、外部記憶装置 2 の地区データ 2 b からその表示対象領域内の道路、地名等の地図要素データを読み込み、また標高値データがない場合には表示基準点標高値の算出手順と同様に内挿によって相当する標高値を決定し、さらに必要な標高値のオフセット処理を行う (ステップ S305)。

【0150】すなわち、地区データ 2 b には各地図表示要素の位置座標を位置情報として持っているが、これが 2 次元座標 ( $x, y$ ) で記述されている場合には、表示基準点の場合と同様に各地区表示要素ごとにその位置座標を内部に含む 3 つのサンプリング点を特定し、ステップ S302 で読込まれた地形データからこれらの 3 つのサンプリング点ごとの標高値データを求め、前述の

(1) 式に基づいて各地図表示要素の標高値を求めるのである。

【0151】ただし、この場合に地図表示要素が道路リンクである場合には、必要に応じて図 10 に示すような例外処理を行う。いま点列 P1～P8 で構成される道路リンクがあるとすると、各構成点に地形データから内挿した標高値を付して地形形状と共に表示すると、同図 (a) に示すようになる。各標高値を地表面の標高値と一致するように求めるので、全体として道路リンク P1～P8 は地表面に沿うことになる。こどもし、実際の道路においては点列 P2～P7 に相当する部分がトンネルであるとする、同図 (a) の表示では実情にそぐわない。

【0152】そこで、地図データ 2 b に道路リンク構成点の位置情報と共に属性情報として該点するリンクがトンネルに相当するか否かのデータをも備えているならば、トンネルに相当する一連のリンク列の両端を除く内部構成点については、まず両端点の標高値を地形データに基づいて算出し、その後、この結果を用いて内部構成点の標高値を算出する。つまり、図 10 の例では、属性情報を調べることによって P2～P7 がトンネルに相当する、ことが分かるので、端点 P2 と P7 について標高値  $h_2, h_7$  を地形データから (1) 式の内挿によって算出し、内部構成点 P3, P4, P5, P6 の標高値  $h_3, h_4, h_5, h_6$  については、たとえば、各点から両端点までの道の距離に応じて端点 P2, P7 の標高値  $h_2, h_7$  を比例配分した値を適用するものとする。す

\* わち、図 6 を参照して次の (3) 式に基づいて視点座標 ( $V_x, V_y, V_z$ ) を算出するのである。

【0149】

【数 3】

なわち、次の式 (4) によってトンネル内の各点の標高値  $h_i$  を求めるのである。

【0153】

【数 4】

$$h_i = \frac{d_{2i} h_7 + d_{i7} h_2}{d_{27}} \quad \cdots (4)$$

ここで  $d_{jk}$  は  $P_j$  から  $P_k$  まで積算した道のりである。このようにして求めた標高値に基づき、道路リンクと地形形状を表示すると、図 10 (b) に示すように道路リンク P2～P7 の間がトンネルになっていることを示す表示にすることができるようになる。

【0154】逆に、実際には起伏があるにもかかわらず、リンクを定義している構成点の数が少ないために、構成点間を直線で接続するだけでは実情の起伏を表現できない道路リンクについては、地形形状に沿って道路の起伏を示す必要がある。そこで図 10 (b) の状態から内部構成点を追加して同図 (a) に示すように補正する処理を行う。つまり、図 10 (b) に示すように道路リンクが P1, P2, P7, P8 である場合 (この場合、道路リンク P2～P7 間は長い直線道路となっている)、この端点 P2, P7 間に内部構成点 P3, P4, P5, P6 を付加し、それぞれの位置座標 ( $x, y$ ) を求め、さらに上記の表示基準点の内挿による標高値算出と同じ演算処理を行って各点の標高値  $h_3, h_4, h_5, h_6$  を算出して同図 (a) に示すように P2～P7 が実情通りに地表面に沿って表示させるようにするのである。この処理を実行する場合、道路リンク内の内部構成点間の間隔は、サンプリング点密度に比較して密度が低い場合 (つまり、リンクが長い場合) には相当する構成点間これを内分する新たな構成点を付加し、これを該当するすべての構成点密度がサンプリング点密度以上となるまで再帰的に繰り返し、その後通常と同様に地形データに基づいて各点 P3～P6 の標高値を算出するのである。

【0155】以上の補正処理は、地形形状が凹となる場合の高架に相当する道路リンクや相当しない道路リンクにも当てはまる。すなわち、図 10 (a) の点 P2～P7 間は実際には高架である場合、それらの点 P2～P7 の構成点それぞれの属性からこれらの道路リンクが高架であることが判明すると、この間の構成点 P3～P6 に

つては凹となった地形に対してその上空を渡る形態で表示するのである。また逆に、図10(b)に示すように点P2-P7間に1つの長い道路リンクになっている、その間の地形形状が凹である場合には、上記と同じ処理によって相当する構成点P2、P7間にこれを内分する新たな構成点を付加し、これを該当するすべての構成点密度がサンプリング点密度以上となるまで再帰的に繰り返し、その後通常と同様に地形データに基づいて各点P3~P6の標高値を算出するのである。地図表示要素を示す図形データを作成する際、以上のようにして求められた各地区表示要素の標高値、またもともと地図データが地図表示要素の位置情報を3次元座標値で記述している場合には、その高さ方向座標値として与えられた標高値に対して、さらにある微小量のオフセットを加えたものを表示用の高さ方向座標値として標高値のオフセット処理を行う。この高さのオフセットについて、以下に説明する。

【0156】後述する描画処理の段階で図面消去の処理を行うが、たとえばある平面と数学的に厳密にその平面上に存在する直線とを描画した場合、表面図面の解像度や計算機の丸め誤差等によって実際の表示では直線がくすれてしまったり、部分的に平面に隠れてしまったりする現象が起きる。立体地図において、地表面上に道路等を表示するときこの現象が起きるのを避ける必要がある（後述する基準線等の表示ではこのようなくすれが発生した方が好ましい場合もある）、道路等の地図表示要素の図形データ作成の際にはその高さ方向の座標\*

$$\Delta \text{depth} = P_{\text{depth}} - Q_{\text{depth}} = \frac{fn \Delta h \sin \theta}{(d \cos \theta + h \sin \theta)^2} \quad \cdots (6)$$

一方、奥行き座標を記憶するレジスタの記憶容量をMとする、すなわち、奥行き座標は0~M-1の範囲の整数値により保持されるものとする、表示対象となる奥行き座標の範囲が上述のようにn~fであることを考慮して、分解能Resは、次のようになる。

【0160】

【数7】

$$\text{Res} = \frac{f-n}{M-1} \quad \cdots (7)$$

この式(6)、(7)から $\Delta \text{depth} > \text{Res}$ において $\Delta h$ について解けば、高さオフセット $\Delta h$ の必要条件が求められる。ここで、(6)式を参照すると、 $\Delta \text{depth}$ の値はdが小さいほど、すなわち点Pが視点に近いほど $\Delta h$ に対して大きくなる。したがって、あるdに対して求めた $\Delta h$ を一律に高さオフセットとして用いられ、それよりも視点に近い範囲では必ず条件が満たされることになる。実際、視点から強く離れた範囲では投影画像は圧縮されてしまうために、視認性は比較的低く、高さをオフセットさせて表示することの実際的な効果は少ない。そこでdの代表値として、点Pが視線と仮想地図平面との

\* 値を若干量上乘せる。ここで適当なオフセット値を厳密に求めることは難しく、また中央演算処理装置の演算負荷が過大となることもあるので、この実施の形態では次の手順によって定めた段階的な値を適用する。

【0157】図11に示すように、いま視点よりも視点高さオフセットhだけ下方の仮想地図平面上にあって、この平面上で視点からdだけ離れた点Pを考える。点Pの高さを $\Delta h$ だけ情報にシフトさせた点Qとするならば、立体地図の表示画面内において本来仮想地図平面上に存在する点Pを明確に表示するためには、2点P、Qを後述する変換式に基づいて透視投影変換して求められる奥行き座標Pdepth、Qdepthの差があらかじめ設定されている奥行き座標の分解能よりも大きくなればよい。Qdepthは次の式(5)により与えられる。

【0158】

【数5】

$$Q_{\text{depth}} = (f+n) - \frac{fn}{d \cos \theta + (h - \Delta h) \sin \theta} \quad \cdots (5)$$

ここで、f及びnは透視投影変換の対象空間を限定するための奥行き座標の上限値及び下限値であり、求めた奥行き座標がこの範囲内に存在しないものはクリッピング処理により表示されないことになる。Pdepthの値は、上記の(5)式において $\Delta h = 0$ を代入したものととなるから、両者の差 $\Delta \text{depth}$ は、次の式(6)のようになる。

【0159】

【数6】

交点にある場合、すなわち、 $d = h \cos \theta$ における $\Delta \text{depth}$ の値を用いて条件式を解くことによって次の式(8)を得る。

【0161】

【数8】

$$\Delta h > \frac{(f-n)h^2}{(M-1)fn \sin^3 \theta} \quad \cdots (8)$$

以上の導出において、点Pは仮想地図平面上に存在するものとしたが、視点と点Pとの標高差が変われば条件は異なる。また本来、自由曲面である地表面を多面体形状で近似しているため、道路等と地表面との標高値の誤差はさらに大きくなる。したがって、(8)式の条件はごく大まかな指標でしかなく、実際にはこの範囲内でより大きな値に $\Delta h$ を設定する必要がある。

【0162】さらに、地図データ2bとして記憶されている地図表示要素が、道路リンク以外に、たとえば湖等の水系やゴルフ場等の施設を表すポリゴンを含んでいる場合には、前述と同様の理由によって水系、施設のオフセットされた標高値に対して道路の標高値はそれよりさ

らに上方にオフセットされなければならない。そこで、たとえば、水系、施設の標高値のオフセットとして  $\Delta h$  を用いた場合、道路の標高値のオフセットには  $2\Delta h$  を用いることができる。またさらに、誘導経路についても、通常の道路よりもさらに大きいオフセット  $2\Delta h'$  ( $> 2\Delta h$ ) を設定するようにする。

【0163】また地図データ 2b として記憶されている地図表示要素ではないが、たとえば、表示基準点が車両の現在位置に相当し、これを示すための何らかの図形（ここでは、車両現在地マーク）を作成して表示する場合には、その標高値のオフセットとして、たとえば、 $2\Delta h$  を用いることによって表示基準点を水系、施設に隠されずに表示することができるように、さらに  $3\Delta h$  を用いるならば、表示基準点を道路に隠されずに表示することができるようになる。

【0164】加えて、地名の表示用図形データ、つまり文字列を作成する場合にも、標高値のオフセットが必要である。地名の場合、地図データ 2b に記憶されている位置情報は、地名文字列の地図上の表示位置を特定する代表点の座標である。したがって、代表点自体の標高値を地表面等より上方にオフセットさせることは、直接の目的ではない。しかし、たとえば図 12 に示すように代表点の高さ座標が文字列下辺と一致する設定になっていれば、文字列をその下辺まで明瞭に表示させるためには地表面や他の表示要素等よりも上方に標高値を修正しなければならない。

【0165】さらに地名の場合、表示文字列が長さを持っているために、図 12 に示すように地表面が勾配を持っている場合、代表点は地表面等より上方にあっても文字列の一部が地表面等に潜り込む形で隠されてしまう場合が起こり得る。これを避けるために、この実施の形態では地表面の勾配と文字列の長さに応じて適当なオフセットを算出して標高をオフセットさせる。この場合、図 13 (a) に示すように文字列の長さは透視投影図の表示画面上のどこでも一定であるため、地図空間内の相応する長さは図 9 (c) に示すように表示位置によって変えることになる。そこで代表値として、表示画面中心付近での 1 文字に相当する実空間距離  $l$  をあらかじめ求めておき、文字数  $n$  との積によって文字列長を求める。一方、代表点の 2 次元座標よりその近傍の 3 つの地形データサンプリング点を求め、これらより得られる面形状からその最大勾配  $\Psi$  を求めることができる。

【0166】

【数 9】

$$\tan \Psi = \frac{\sqrt{D_x^2 + D_y^2}}{|D_z|} \quad \dots (9)$$

ただし、ここに  $D_x$ 、 $D_y$ 、 $D_z$  は (2) 式によって求められる値である。

【0167】そしてこれらの値から図 14 に示すように

地名を示す図形データの文字列長に見合った標高値のオフセット  $\Delta h_{str}$  を得る。

【0168】

【数 10】

$$\Delta h_{str} = nL \tan \Psi \quad \dots (10)$$

ただし、文字数が多い場合や勾配が大きい場合には  $\Delta h_{str}$  も大きくなり、地名を本来表示したい位置から極端に離れた位置に文字列が表示されてしまうことになりかねないので、あらかじめ  $\Delta h_{str}$  の上限値を定めておき、(10) 式の右辺がこの上限値を超える場合には上限値を適用することにもしてもよい。また逆に、勾配が小さい場合には  $\Delta h_{str}$  も小さくなり、たとえば  $\Delta h$  でオフセットした水系、施設ポリゴンの標高よりも小さくなることもあり得るので、下限値をたとえば  $2\Delta h$  に定めて、(10) 式の右辺と大きい方を標高値のオフセットとして適用することにもしてもよい。

【0169】以上の地図要素標高決定部 3-5 が実行するステップ S305 の地図データ読込、標高値決定ルーチンを詳しく示したのが、図 15 のフローチャートである。この図 15 のフローチャートに基づいてさらに説明すると、地図表示要素の各々についてオフセットされた標高値をすでに持っているかどうか判断し、そのような標高値を持っていないかどうか再計算する必要があるのでリターン。しかしながら、オフセットされた標高値を持っていない地図表示要素があれば、このルーチンにおいて標高値のオフセットを行う (ステップ S501)。

【0170】それにはまず、対象となる地図表示要素について、表示基準点の場合と同様に (1)、(2) 式に基づいて地形データ 2a より標高値を内挿する演算処理を行う (ステップ S502)。そして地図表示要素が道路リンクであるか、水系、施設であるか、地名であるかを判別し、道路リンクであれば (ステップ S503)、トンネルや高架かどうか判断し (ステップ S504)、トンネルや高架の場合には、両端を除く構成点ごとの標高値を (4) 式に基づき、両端点の標高値から内挿によって算出する (ステップ S505)。またトンネルや高架ではない場合には、逆に道路リンクの構成点密度が十分あるかどうか判断し (ステップ S506)、構成点密度が十分でなければリンクを内分して構成点を付加し、付加した各構成点について地形データより標高値を内挿して算出する。

【0171】こうして道路リンクについて必要に応じてトンネル、高架の処理、また構成点密度を増加させる処理が終了すれば、構成点各々の標高値に対して、それが誘導経路であるか通常の道路であるかを判断し (ステップ S508)、通常の道路であればあらかじめ設定したオフセット  $\Delta h_1$  (たとえば、上述の  $2\Delta h$ ) を加えて標高値をオフセットさせ、誘導経路であれば通常の道路よりも大きいオフセット  $\Delta h_1'$  ( $> \Delta h_1$ ) によって標高値をオフセットさせる (ステップ S509、S51

0)。

【0172】続いて、地図表示要素が水系、施設であれば(ステップS511)、その標高値に対していちばん低いオフセットΔh2(同じく、上述のΔh)を加えるオフセットを行う(ステップS512)。

【0173】さらに地図表示要素が地名である場合(ステップS513)、その地名表示の代表点の2次元平面座標よりその近傍の3つの地形データサンプリング点を求め、これより得られる面形状からその最大勾配ψを求め(ステップS514)、さらに(10)式によって文字列長に見合ったオフセットΔhstrを求め(ステップS515)、さらにあらかじめ定めある下限値Δh3とこのオフセットΔhstrとを比較し、大きい方を標高値のオフセットとして代表点の標高値に加える(ステップS516)。

$$T = \begin{bmatrix} Ds & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Ds & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -(f+n) & -fn \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ -\cos\theta & \sin\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & -Vx \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & -Vx \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} M \quad \dots (11)$$

ここに、ベクトルMは変換される表示用図形データの地図空間座標(Mx, My, Mz)に第4成分として1を加えたもの、Vx, Vy, Vzは(3)式で求められる視点座標、φ, θは視線方向角及び俯角、f, nは奥行き座標におけるクリッピング範囲を指定する上限及び下限値、Dsは視点から表示画面までの理論的距離を画素単位で表したものである。

【0177】変換の結果として得られる同次座標T=(Tx, Ty, Tz, Tw)に対して、描画に用いられる2次元座標(Sx, Sy)は、Sx=Tx/Tw, Sy=Ty/Twにより求められる。また奥行き座標はSz=Tz/Twとなる。

【0178】この透視投影変換処理の後、隠面消去描画処理部3-7は隠面消去を含む描画処理を実行して画像表示装置4に出力し、道路地図の立体的鳥瞰図表示を行わせる(ステップS307)。

【0179】この処理では、座標変換後の各描画要素にクリッピング処理等を施して描画する。x及びy方向のクリッピングについては、表示画面の大きさによりあらかじめ定められた描画範囲に基づき、(Sx, Sy)がこの範囲内にあるもののみを描画対象とし、それ以外の部分は描画しない。また奥行き方向については、n≤Sz≤fの範囲内にあるもののみを描画対象とする。さらに描画対象となった画素については、画素ごとに奥行き座標を比較し、すでに描画した画素より奥行き小さい

【0174】さらに地図表示要素が自車両位置である場合(ステップS517)、これに対しては最大のオフセットΔh4を標高値に加えるオフセットを行う(ステップS518)。

【0175】こうしてすべての地図表示要素について標高値の決定処理が完了すると、座標変換部3-6によって図5のフローチャートにおけるステップS306の処理、つまり、透視投影変換を実行することになる。この透視投影変換では、地形形状、地図表示要素、表示基準点等の表示用図形データに対して透視投影変換を施し、表示画面上の座標値を算出する。この変換式を同次座標系で表すと、次の(11)式ようになる。

【0176】

【数11】

ものだけ更新描画することにより、隠面消去を有効にした立体地図の描画を行うのである。

【0180】描画対象となる各描画要素はあらかじめ定められた描画色を用いて表示する。この場合、たとえば地形形状については、図16に示すようにその標高値に応じて連続的に変化する描画色を用いて描画することにする。そしてこの場合、標高値とそれに割り付ける描画色との対応関係をあらかじめ定めおき、たとえば、標高値0～50m、50～100m、100～200m、200～400mと標高値に幅を持たせ、その範囲に入る標高値に対しては同一色を割り付けることによって図16に示すように描画することができる。

【0181】また地形形状を表す多面体の面を描画すると同時にその稜線も描画するようにしてもよい。そしてこの場合に、図17に示すように全稜線のうち、緯線・経線方向に対応するもののみを描画する(破線の稜線は描画しない)ことにより、単に稜線を明確に表示して3次元形状として地形を認識させる効果を高めることができるだけでなく、立体地図において東西南北の方位をも明確に認識させることができるようになる。

【0182】また各描画要素については表示画面上の相当する画素を定められた描画色で画素ごとに塗りつぶすことにより実行されるが、画面座標(Sx, Sy)に位置する画素を塗りつぶす際に、相当する奥行き座標Szを(Sx, Sy)に相当するレジスタに記憶しておき、

次に別の描画要素について同じ画素 ( $S_x, S_y$ ) を塗ろうとする場合に、新たな奥行き座標  $S_{zl}$  をすでに相当するレジスタに記憶されている値  $S_{zo}$  と比較して、 $S_{zl}$  の方が小さい場合、すなわち、後から描画しようとする要素の方が視点に近い場合にはみ相当する画素の描画色とレジスタ内の奥行き座標とを更新し、そうでない場合には更新を行わない。この処理はZバッファリングと呼ばれる隠面消去の手法であり、各描画要素を描画する順序に関係なく、常に視点に対して近いものが画素ごとに表示される。

【0183】このようなZバッファリングを有効にしておくことにより、図18に示すように向こう側に存在する描画要素は同一視線から重なる部分だけが隠れて表示され、視点の移動に応じてその可視範囲が徐々に変化するように表示され、より現実的な表現ができることになる。

【0184】さらに道路リンク等の隠面消去により非可視化されても、その存在位置が地図情報として重要であるような描画要素（たとえば誘導経路）については、図19(a)に示すように隠れる部分についても同図20(b)に示すように描画色を変えて表示したり、あるいは同図(c)に示すように破線で表示したりすることにしてもよい。このためには、たとえば、地形形状と道路リンクを通常のZバッファリングにより描画した後、奥行き座標  $S_{zo}$ 、 $S_{zl}$  との比較条件を逆に設定し、視点からより遠い道路リンクについては描画色を変えたり、破線にしたりして再描画する手法を追加することによって実現する。なお、この描画色の変更には、たとえば、道路リンクの本来の描画色とすでに表示されている地形形状の描画色とを混合した色とすることにより、地形形状を透かして道路が見えているような効果を与えることができる。

【0185】こうしてステップS307までの描画処理の実行により1枚の立体地図画面を作成して画像表示装置4に表示させることができ、さらにステップS308において地図表示を続けるか否かが判断され、続ける場合にはステップS301に戻って次の画面の作成、表示のための手続を繰り返す。なお、継続しない場合には以上の一連の処理手続を終了し、自車位置検出や経路計算等のナビゲーションシステムの制御に移る。

【0186】このようにして本発明の第1の実施の形態による立体鳥瞰図による地図画面は図20のようになり、実際の地形形状の標高値データ及び地図データに基づいて立体的に表現された地形形状の上に地図表示要素を配した立体地図画面を作成して表示することができ、強い現実感を利用者に与える地図表示ができ、現在位置の確認や周囲環境との関連性を直感的に認識させることができる。

【0187】次に、本発明の第2の実施の形態を図21～図25に基づいて説明する。この第2の実施の形態の

特徴とするところは、演算処理装置3における座標変換部3-6が実行した透視投影変換処理結果のデータに対して、第1の実施の形態のように隠面消去処理を省略し、代わりに、表示対象領域における視点に対して奥の方の面から順次上書き形式で手前側まで描画する処理を行うことによって第1の実施の形態と同様に図20に示すような立体地図の描画ができるようにした点にある。

【0188】この第2の実施の形態の構成について、図21に基づいて説明する。ハードウェア構成は図1に示した第1の実施の形態と同じであるが、演算処理装置3における演算処理機能の構成に変更が加えられている。演算処理装置3は、第1の実施の形態と同様の表示対象領域決定部3-1～視点座標決定部3-4を備えている。そして第1の実施の形態と異なる構成要素として地図要素標高決定部3-5'、座標変換部3-6'、地形形状描画処理部3-8、地図要素標高比較部3-9及び地図要素描画処理部3-10を備えている。

【0189】新たな構成要素のうち、地図要素標高決定部3-5'は、表示対象領域内の地図要素データを地図データ2bから読み込み、標高値が登録されていない場合は表示基準点標高決定部3-3と同じようにその代表点を囲むサンプリング点3点をを用いて(1)、(2)式に基づく内挿によって相当する標高値を算定する部分であるが、第1の実施の形態と異なり、標高値のオフセットは設定しない。

【0190】座標変換部3-6'は、透視投影変換により表示画面上の2次元座標 ( $S_x, S_y$ ) を求める部分であるが、第1の実施の形態と異なり、奥行き座標  $S_z$  は求めない。

【0191】地形形状描画処理部3-8は、地形形状を示す多面体を視点に対して奥の方の面から順次上書きにより描画する部分である。この地形形状の描画処理でも、標高値に応じて描画色を変化させる。地図要素標高比較部3-9は、各地図表示要素に対して、道路、水系、施設等の場合には各構成点、地名の場合には代表点のみについてその標高値と画面上の同じ位置にすでに描画されている地形標高値とを比較する部分である。ここで地図表示要素の標高値の方が小さくなければ地表面よりも手前にあるとする。図22(a)、(b)に示すように、鳥瞰図上で点Pの位置に地図表示要素を描画しようとした場合、地形形状がすでに標高値に応じた描画色で描画されているならば、点Pの画素の色は緑線上、視点にもっとも近い点Aの標高値  $h_1$  を示している。したがって、描画しようとする地図要素の標高値がこれよりも小さくならば、この地図要素は同図では点Bの裏側の点Bに存在することになり、隠れて見えないことになる。

【0192】地図要素描画処理部3-10は、道路等の場合、各線素について両端点共に地表面よりも標高値が小さくなければ通常通り描画し、少なくとも一方の端点が地表面よりも低ければ色を変えて描画し、または破線

で描画し、または描画せず（これはあらかじめいずれにするかは設定しておく）、また面図形で表わされる水系、施設等の場合には、これを構成する各面素（小多角形）についてすべての頂点が地表面よりも標高値が小さくなければ通常通り描画し、少なくとも1つの頂点が地表面よりも低ければ色を変えて描画し、または稜線のみを破線で描画し、または描画せず、さらに地名等の場合には代表点の標高値が小さくなければ描画し、小さければ描画しないという処理を実行し、その指示を画像表示装置4に出力する部分である。すなわち、図23に示すように、地形形状を多面体に近似してモデル化しているため、道路の標高値を構成点ごとに求めても、構成点間の地形形状が凸であれば道路を見えなくなる。第1の実施の形態で実行する隠面消去処理では面素ごとに見えているか隠れているかを判断するために、両端点が見えていても部分的に道路が消えてしまうことが起こり得る。しかしこの第2の実施の形態では、両端点のみを見え隠れを判断することによって線分全体を描画するか否かを決定することにより、演算処理の単純化ができ、またトンネルでないと道路が途切れる現象を避けることができる。

【0193】以上の構成の第2の実施の形態のナビゲーションシステムの動作について、図24及び図25のフローチャートに基づいて説明する。演算処理装置3における表示対象領域決定部3-1により表示対象領域の決定（ステップS301）、地形形状モデリング部3-2により地形データを読込んで地形形状のモデル化を行い（ステップS302）、表示基準点標高決定部3-3により表示基準点標高値を決定し（ステップS303）、視点座標決定部3-4により視点座標を決定する手順（ステップS304）は図5のフローチャートに示した第1の実施の形態の手順と共通する。

【0194】そしてこれらの処理の後、地図要素標高決定部3-5'は第1の実施の形態の地図要素標高決定部3-5と同様に表示対象領域決定部3-1が決定した表示対象領域に基づき、外部記憶装置2の地図データ2bからその表示対象領域内の道路、地名等の地図要素データを読み、また標高値データがない場合には表示基準点標高値の算出手順と同様に内挿によって相当する標高値を決定する。ただし、この実施の形態の場合には図15のフローチャートにおける標高値のオフセット処理は行わない（ステップS305'）。

【0195】続いて座標変換部3-6'により、第1の実施の形態の座標変換部3-6と同様に透視投影変換を実行し、変換の結果として得られる前述の同次座標 $T = (Tx, Ty, Tz, Tw)$ に対して、描画に用いられる2次元座標 $(Sx, Sy)$ を $Sx = Tx / Tw$ ,  $Sy = Ty / Tw$ により求める。ただし、この実施の形態の場合には奥行き座標 $Sz$ は求めない（ステップS306'）。

【0196】続いて、地形形状描画処理部3-8は地形形状を表す多面体を、視点に対して奥の面の方から順に上書きモードで描画処理して画像表示装置4に表示させる。この際、標高値に応じて描画色を変化させる（ステップS310）。

【0197】さらに地図要素標高比較部3-9と地図要素描画処理部3-10とが連携し、表示対象領域内の各地図要素に対して、それが地名等であるかどうか判断し（ステップS311）、それが地名のような代表点と文字列を含むデータであれば代表点の標高値をその代表点の2次元座標における地形の標高値と比較し（ステップS312）、そして代表点の標高値が地形の標高値と等しいかより大きい場合には代表点に割り付けられている文字列のような地図要素を地形形状に上書きする（ステップS313）。

【0198】ステップS311の判断で、地図要素が地名等でなければ、次に地図要素が道路、河川、鉄道のような線図形であるかどうか判断する（ステップS314）。そして線図形の場合には、各リンクの端点1（一方の端点）、端点2（他方の端点）それぞれの標高値を該当する2次元座標の地形の標高値と比較し（ステップS315、S316）、両端点が地形の標高値と等しいかより大きいときにはこの線図形の地図要素を地形表示上に上書きする（ステップS317）。しかしながら、いずれかの端点の標高値が相応する座標の地形の標高値よりも小さい場合には、あらかじめ設定されているオプションに応じて、当該端点1、2間を結ぶ線図形の地図要素を描画色を変えて、または破線にして上書きし、あるいは描画しない処理を行う（ステップS318）。

【0199】さらにステップS314の判断で、地図要素が線図形でもなければ、湖沼、流域の広い河川あるいは駅施設、ゴルフ場その他の水系、施設を表す面図形であるので、その面図形を図4に示す方法で分割した小多角形の各頂点1～nのすべての地形の標高値と等しいかそれよりも大きいかどうか判断し（ステップS319-1～S319-n）、いずれの頂点1～nも地形の標高値と等しいかより大きい場合にはその面図形の地図要素を地形表示上に上書きする（ステップS3110）。しかしながら、面図形の小多角形の頂点1～nのいずれかが地形の標高値より小さい場合（ステップS319-1～S319-nのいずれかでYESに分岐する場合）には、面図形の地図要素を描画色を変えて、または破線を破線にして上書きし、あるいは描画しない処理を行う（ステップS3111）。

【0200】そして以上のステップS311～S3111の処理を表示対象領域に含まれるすべての地図要素について繰り返して実行する。また自転車位置マークのような表示基準点マークの表示もこの地図要素の表示に準じて行う（ステップS3112）。これによって画像表示



装置4の画面には図20に示したのと同様に、道路地図の立体鳥瞰図表示が行えることになる。

【0201】さらにステップS3113において地図表示を続けるか否かが判断され、続ける場合にはステップS301に戻って次の画面の作成、表示のための手続を繰り返す。なお、継続しない場合には以上の一連の処理手続を終了し、自車位置検出や経路計算等のナビゲーションシステムの別処理に移る。

【0202】このようにして本発明の第2の実施の形態によれば、第1の実施の形態と同様に実際の地形形状の標高値データ及び地図データに基づいて立体的に表現された地形形状の上に地図表示要素を配した立体地図を作成して表示することができ、現実感を利用者に与える地図表示ができ、現在位置の確認や周囲環境との関連性を直感的に認識させることができる。

【0203】しかも第2の実施の形態の場合、中央演算処理装置に大きな負担をかける隠面消去処理をする必要がないために中央演算処理装置の負担が軽減し、実用化するためにシステムに搭載すべき中央演算処理装置に要求される性能を低くすることができ、その分コストの低廉化が図れる。また逆に、システムが高性能中央演算処理装置を搭載している場合には描画処理がそれだけ高速化できるともなる。加えて、第2の実施の形態の場合、地形形状の近似誤差による道路等の線図形の途切れをなくすることができ、正しく表示することができるようになる。

【0204】次に、本発明の第3の実施の形態を図26に基づいて説明する。この第3の実施の形態のナビゲーションシステムのハードウェア構成は図1に示した第1の実施の形態、図21に示した第2の実施の形態それぞれと同じであるが、外部記憶装置2に記憶されているデータ種別、また演算処理装置3における演算処理機能の構成に変更が加えられている。

【0205】外部記憶装置2には第1の実施の形態と同様の地形データ2aを記憶しているが、地図データは地形、アイコン等の代表点位置情報と地名文字列等の付帯情報、さらに水系、施設等の面図形で表わされる地図要素の位置情報と接続形態等の付帯情報を記憶する地名、背景データ2b1と、道路、鉄道、河川等の線図形で表わされる地図要素の位置情報と各属性等の付帯情報とを記憶する線図形データ2b2に分けて記憶している。

【0206】演算処理装置3は、第1の実施の形態と同様の表示対象領域決定部3-1～視点座標決定部3-4を備えている。そして第1の実施の形態と異なる構成要素として地図要素標高決定部3-5、座標変換部3-6、隠面消去描画処理部3-7、線図形データ標高比較部3-11及び線図形データ描画処理部3-12を備えている。

【0207】新たな構成要素のうち、地図要素標高決定

部3-5は、表示対象領域内の地図要素データを外部記憶装置2の地名、背景データ2b1と線図形データ2b2から読み込み、標高値が登録されていない場合は表示基準点標高決定部3-3と同じようにその代表点を囲むサンプリング点3点を用いて(1)、(2)式に基づく内挿によって相当する標高値を算定する部分である。ただし、第1の実施の形態と異なり、線図形データについては標高値のオフセットは設定しない。

【0208】座標変換部3-6は、第1の実施の形態と同様に透視投影変換により表示画面上の2次元座標(Sx, Sy)を求め、また線図形データ2b2以外の地図表示要素、つまり地名、背景データ2b1と地形データ2aについては奥行き座標Szも求める部分である。

【0209】隠面消去描画処理部3-7は、第1の実施の形態と同様の処理によって線図形データ以外の地形、つまり地形データ、地名、背景データに対して隠面消去を有効にして画像表示装置4に表示させる部分である。

【0210】線図形データ標高比較部3-11は、第2の実施の形態の地図要素標高比較部3-9と同様に線図形データの各線素の端点の標高値と画面上の同じ位置にすでに描画されている地形標高値(描画色により与えられている)とを比較する部分である。

【0211】そして線図形データ描画処理部3-12は、第2の実施の形態の地図要素描画処理部3-10と同様に線図形データの各線素について、両端点共に地表面よりも標高値が小さくなければ通常通り描画し、少なくとも一方の端点が地表面よりも低ければ色を変えて描画し、または破線で描画する処理を行い、あるいは描画しないことにして何も出力しない部分である。

【0212】次に、上記の第3の実施の形態のナビゲーションシステムの動作について、図27のフローチャートに基づいて説明する。演算処理装置3における表示対象領域決定部3-1により表示対象領域の決定し(ステップS301)、地形形状モデリング部3-2により地形データを読込んで地形形状のモデル化を行い(ステップS302)、表示基準点標高決定部3-3により表示基準点標高値を決定し(ステップS303)、視点座標決定部3-4により視点座標を決定する手順(ステップS304)は図5のフローチャートに示した第1の実施の形態の手順と共通する。

【0213】そしてこれらの処理の後、地図要素標高決定部3-5は第1の実施の形態の地図要素標高決定部3-5と同様に表示対象領域決定部3-1が決定した表示対象領域に基づき、地図要素データを外部記憶装置2の地名、背景データ2b1、線図形データ2b2からその表示対象領域内の道路、地名等の地図要素データを読み込み、また標高値データがない場合には表示基準点標高値の算出手順と同様に内挿によって相当する標高値を決

定する。ただし、この第3の実施の形態の場合にも、図15のフローチャートにおける標高値のオフセット処理は線図形データに対しては行わない(ステップS305")。

【0214】続いて座標変換部3-6により、第1の実施の形態の座標変換部3-6と同様に透視投影変換を実行し、変換の結果として得られる前述の同次座標 $T = (Tx, Ty, Tz, Tw)$ に対して、描画に用いられる2次元座標 $(Sx, Sy)$ を $Sx = Tx / Tw$ ,  $Sy = Ty / Tw$ により求め、また線図形データ以外のデータ(つまり、地形データ及び地名、背景データ)につい

て、奥行き座標 $Sz (= Tz / Tw)$ を求める(ステップS306")。

【0215】続いて、隠面消去描画処理部3-7'は、地形データ、地名、背景データ等の線図形データ以外のデータについて第1の実施の形態の隠面消去描画処理部3-7と同様に隠面消去を有効にして画像表示装置4に表示させる(ステップS307')。

【0216】そしてさらに、線図形データ標高比較部3-11と線図形データ描画処理部3-12とが連携し、表示対象領域内の各線図形に対して、各リンクの端点1(一方の端点)、端点2(他方の端点)それぞれの標高値を該当する2次元座標の地形の標高値と比較し(ステップS320～S322)、両端点に共にそれぞれの座標の地形の標高値よりも大きいときにはこの線図形を地形及び地名、アイコン等の表示上に書きする(ステップS323)。しかしながら、いずれかの端点の標高値が相応する座標の地形の標高値よりも小さい場合にはあらかじめ設定されているオプションに応じて、当該端点間を結ぶ線図形の地図要素を描画色を変えて、または破線にして書きし、あるいは描画しない処理を行う(ステップS324)。そして以上のステップS320～S324の処理を表示対象領域に含まれるすべての線図形について繰り返し実行する(ステップS325)。

【0217】これによって画像表示装置4の画面には図20に示したと同様に、道路地図の立体鳥瞰図表示が行えることになる。

【0218】さらにステップS326において地図表示を続けるか否かが判断され、続ける場合にはステップS301に戻って次の画面の作成、表示のための手続を繰り返す。なお、継続しない場合には以上の一連の処理手続を終了し、自車位置検出や経路計算等のナビゲーションシステムの別処理に移る。

【0219】このようにして本発明の第3の実施の形態によれば、第1の実施の形態と同様に実際の地形形状の標高値データ及び地図データに基づいて立体的に表現された地形形状の上に地図表示要素を配した立体地図を作成して表示することができ、強い現実感を利用者に与える地図表示ができ、現在位置の確認や周囲環境との関連性を直感的に認識させることができる。

【0220】しかも第3の実施の形態の場合、道路等の線図形は端点のみより見え隠れを判断するために、地形形状の近似誤差による途切れをなくすることができ、また地名、アイコン等の隠面消去による描画処理を行うために代表点が隠れていても部分的に表示することができ、立体感をさらに高めることができる。

【0221】なお、上記の第1～第3の実施の形態ではナビゲーションシステムについて説明したが、これらのナビゲーションシステムの演算処理装置3に組み込まれた各種処理機能部についてはソフトウェアプログラムにして内部記憶装置に組み込み、あるいはアプリケーションソフトウェアプログラムとして適当な記憶媒体に記憶させて、使用に際して演算処理装置3の内部記憶装置に読み込ませて実行する方式とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の機能ブロック図。

【図2】上記の実施の形態における地形データ構造の一例を示す説明図。

【図3】上記の実施の形態における地形データ構造の他の例を示す説明図。

【図4】上記の実施の形態における面図形のデータ構造を示す説明図。

【図5】上記の実施の形態による地図表示処理のフローチャート。

【図6】上記の実施の形態における視点、表示対象領域の決定原理を示す説明図。

【図7】上記の実施の形態における地形形状のモデリングを示す説明図。

【図8】上記の実施の形態における表示対象領域中のサンプリング点の決定方法の他の例を示す説明図。

【図9】上記の実施の形態における表示基準点の標高値算定方法を示す説明図。

【図10】上記の実施の形態におけるトンネル内の道路の標高値の内挿処理及び地形形状に応じた道路構成点の付加処理の原理を示す説明図。

【図11】上記の実施の形態における地図表示要素のオフセットの設定原理を示す説明図。

【図12】上記の実施の形態における地名の文字列の隠れ現象を示す説明図。

【図13】上記の実施の形態における地名文字幅の地図上での相対距離及び絶対距離を示す説明図。

【図14】上記の実施の形態における地名の文字列に対するオフセットの設定例を示す説明図。

【図15】上記の実施の形態における標高値決定処理のフローチャート。

【図16】上記の実施の形態における地形データに基づいて作成した多面体形状の一表示例を示す説明図。

【図17】上記の実施の形態における地形データに基づいて作成した多面体形状の他の表示例を示す説明図。

【図18】上記の実施の形態における視点の移動による

地名表示の変化を示す説明図。

【図19】上記の実施の形態における道路の隠れ部分の表示例を示す説明図。

【図20】上記の実施の形態による道路地図の立体鳥瞰図表示例を示す説明図。

【図21】本発明の第2の実施の形態の機能ブロック図。

【図22】上記の実施の形態における立体鳥瞰図表示の原理を示す説明図。

【図23】上記の実施の形態における道路の隠れた部分の表示処理を示す説明図。

【図24】上記の実施の形態による地図表示処理の前段のフローチャート。

【図25】上記の実施の形態による地図表示処理の後段のフローチャート。

【図26】本発明の第3の実施の形態の機能ブロック図。

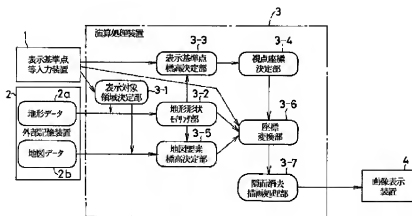
【図27】上記の実施の形態による地図表示処理のフローチャート。

【図28】従来例の道路地図の鳥瞰図表示を示す説明図。

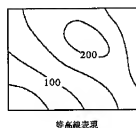
# 【符号の説明】

- 1 表示基準点等入力装置
- 2 外部記憶装置
- 2a 地形データ
- 2b 地図データ
- 2b1 地名、背景データ
- 2b2 線図形データ
- 3 演算処理装置
- 4 画像表示装置
- 3-1 表示対象領域決定部
- 3-2 地形形状モデリング部
- 3-3 表示基準点標高決定部
- 3-4 視点座標決定部
- 3-5, 3-5', 3-5'' 地図要素標高決定部
- 3-6, 3-6', 3-6'' 座標変換部
- 3-7, 3-7' 隠面消去描画処理部
- 3-8 地形形状描画処理部
- 3-9 地図要素標高比較部
- 3-10 地図要素描画処理部
- 3-11 線図形データ標高比較部
- 3-12 線図形データ描画処理部

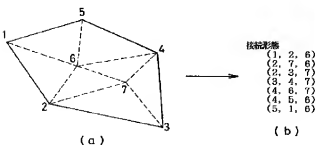
【図1】



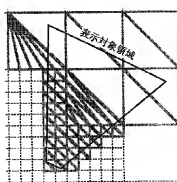
【図3】



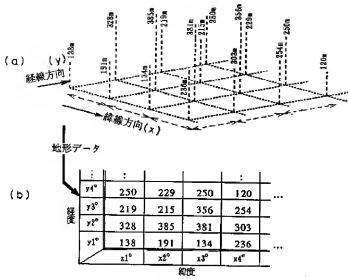
【図4】



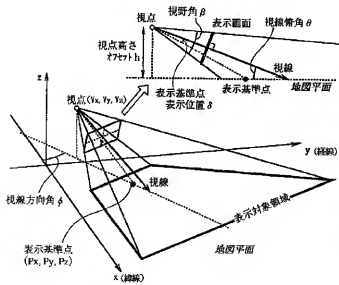
【図8】



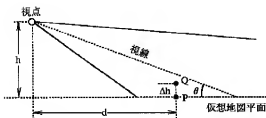
【図2】



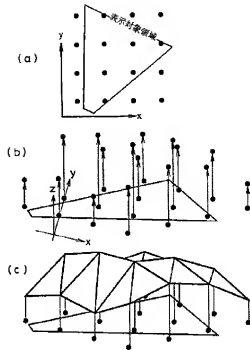
【図6】



【図11】



【図7】



【図16】



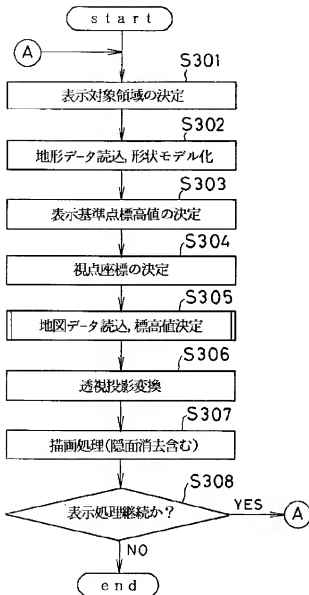
【図17】



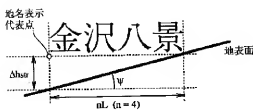
【図12】



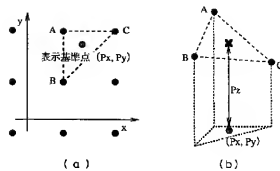
【図5】



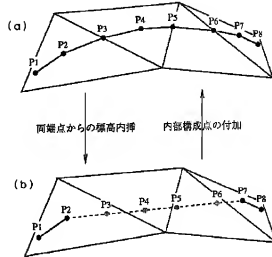
【図14】



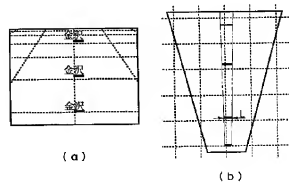
【図9】



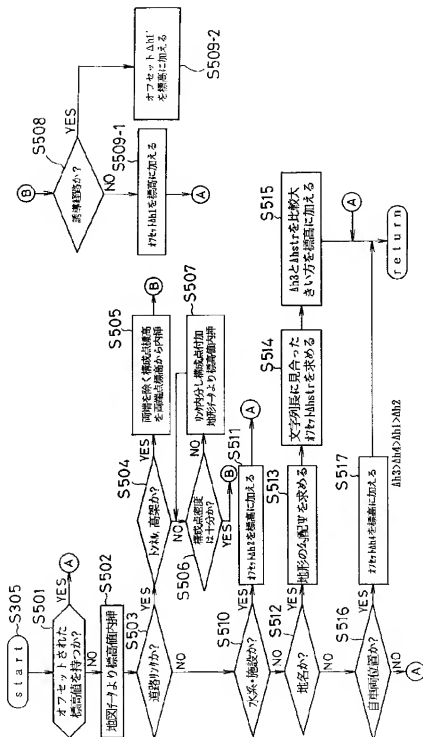
【図10】



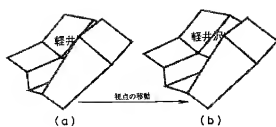
【図13】



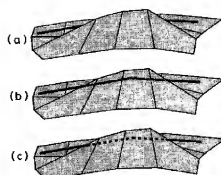
【図15】



【図18】



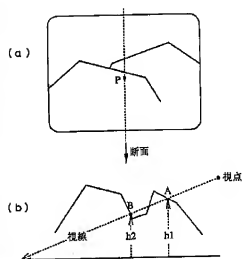
【図19】



【図20】



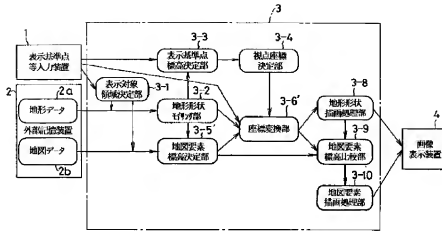
【図22】



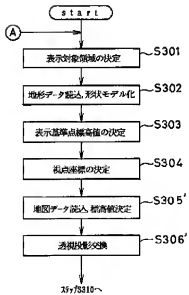
【図23】



【図21】

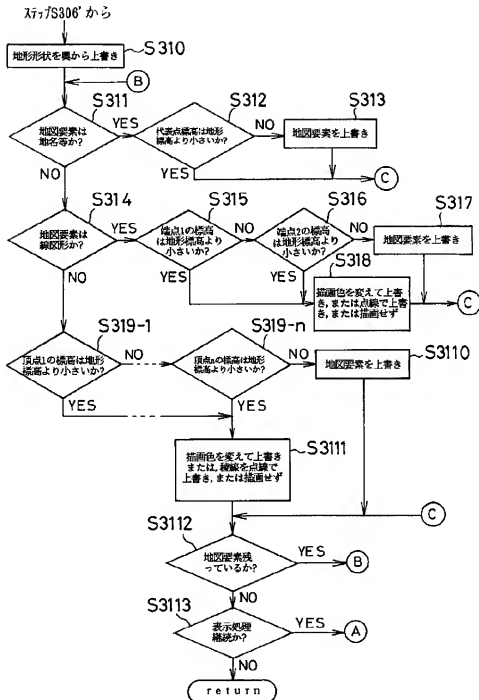


【図24】

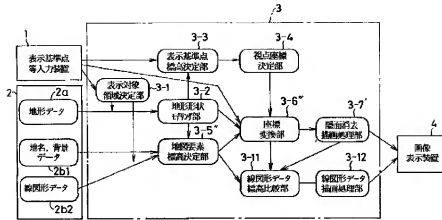




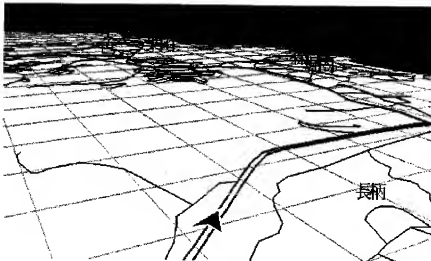
【図25】



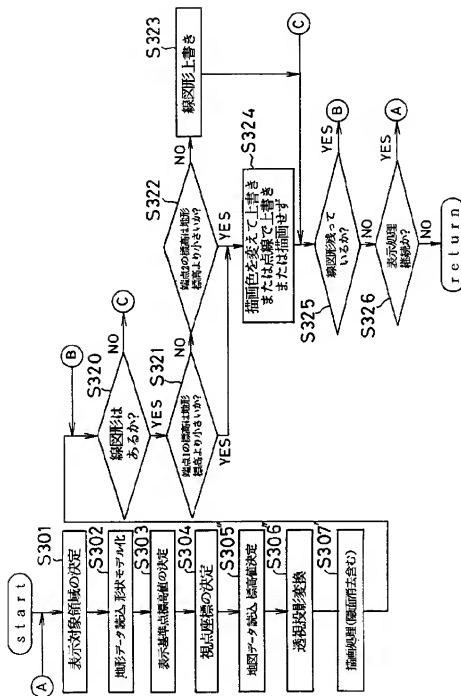
【図26】



【図28】



【図27】



フロントページの続き

(72)発明者 大泉 謙  
 神奈川県横浜市中区宝町2番地 日産  
 自動車株式会社内

(72)発明者 岸 則政  
 神奈川県横浜市中区宝町2番地 日産  
 自動車株式会社内